



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 43 39 191 A 1

51 Int. Cl. 5:
B 23 H 1/02
B 23 H 7/04

21 Aktenzeichen: P 43 39 191.5
22 Anmeldetag: 16. 11. 93
43 Offenlegungstag: 28. 7. 94

DE 43 39 191 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31
18.11.92 JP 4-308830 06.08.93 JP 5-196401

71 Anmelder:
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:
Eitle, W., Dipl.-Ing.; Hoffmann, K., Dipl.-Ing.
Dr.rer.nat.; Lehn, W., Dipl.-Ing.; Fuchsle, K.,
Dipl.-Ing.; Hansen, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Brauns, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Görg, K.,
Dipl.-Ing.; Kohlmann, K., Dipl.-Ing.; Ritter und Edler
von Fischern, B., Dipl.-Ing.; Kolb, H., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte; Nette, A., Rechtsanwalt,
81925 München

72 Erfinder:
Taneda, Atsushi, Nagoya, Aichi, JP; Ogawa, Hajime,
Nagoya, Aichi, JP; Uemoto, Kazuhiko, Nagoya,
Aichi, JP; Kinbara, Yoshihide, Nagoya, Aichi, JP

Prüfungsantrag gem. § 44. PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zum Steuern der Energieversorgung einer elektrischen Entladungsmaschine

57 Bei einer Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine wird eine Energieversorgung zur Verfügung gestellt, die einen hohen Wirkungsgrad sowie einen geringen Strombrumm aufweist, um so eine Energieversorgung zur Verfügung zu stellen, die verringerte Abmessungen und Kosten aufweist. Zusätzlich ist ein Schaltenergiezufuhrsystem zusammen dazu eingesetzt, eine wählbare Signalform, zu erzeugen. Ein erstes Schaltgerät wird in einem wählbaren Zyklus unter der Steuerung eines Strombefehlswertesignals, entsprechend der Signalform eines Stromimpulses, der einem Arbeitsspalt zugeführt werden soll, ein/ausgeschaltet, wodurch eine wählbare Form eines Stromimpulses dem Arbeitsspalt zugeführt wird, und eine Stromkomponente, die einen Strombrumm kompensiert, der durch das Schalten zum Zeitpunkt der Zufuhr des Stroms erzeugt wird, wird der wählbaren Form des Stromimpulses überlagert, und dem Arbeitsspalt zugeführt.

BEST AVAILABLE COPY

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 06. 94 408 030/371

84/35

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern der Energieversorgung einer mit einer elektrischen Entladung arbeitenden Maschine (nachstehend als Erodiermaschine bezeichnet), die eine Bearbeitungsenergie einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück zuführt, welches in einem Dielektrikum vorgesehen ist.

Eine Erodiermaschine liefert einen Impuls mit einem konstanten Strom an einen Arbeitsspalt, um ein Werkstück zu schmelzen und von diesem geschmolzenes Material zu entfernen, und um das Werkstück durch die Energieentladung zu bearbeiten. Im allgemeinen werden die nachstehend beschriebenen, vier konventionellen Energieversorgungsschaltungsanordnungen dazu eingesetzt, den Konstantstromimpuls zu liefern.

Eine bekannte Schaltungsanordnung für eine erste Energieversorgungseinrichtung ist in Fig. 54 dargestellt. Diese Anordnung ist beispielsweise in der japanischen offengelegten Patentveröffentlichung Nr. SHO-62-27928 unter dem Titel "Bei einer elektrischen Erodier-Werkzeugmaschine verwendeter Impulsgenerator" beschrieben.

In Fig. 54 bezeichnet die Bezugsziffer 1 eine Elektrode, 2 ein Werkstück, 3 eine Steuerschaltung für eine Schaltvorrichtung 4, 4 eine Schaltvorrichtung, 5 eine Stromversorgung zur Zufuhr eines Bearbeitungsstroms, 6 eine Diode, die einen Reststrom zum Fließen veranlaßt, 7 einen Stromerfassungswiderstand, 8a und 8b Streuinduktivitäten der Verdrahtung, 9 einen Komparator, 10 einen Hüllensignalgenerator, und 18 ein Servogestüt zur Ausführung der Servosteuerung der Elektrode 1.

Nachstehend wird der Betrieb dieser Schaltung beschrieben. Bevor eine Entladung gestartet wird, befindet sich das Schaltgerät 4 im leitenden Zustand, und eine Bearbeitungsspannung wird an den Arbeitsspalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 durch die Stromversorgung 5 angelegt. Nach Beginn der Entladung wird ein Impulsbefehl 16, der einer Bearbeitungsstromsignalform entspricht, die an den Arbeitsspalt angelegt werden soll, von einer Steuervorrichtung (nicht in Fig. 54 gezeigt) an den Hüllensignalgenerator 10 ausgegeben. Der Impulsbefehl 16 wird von dem Hüllensignalgenerator 10 als Hüllensignale 13, 14 abgegeben. Fig. 55 zeigt die Formen der Hüllensignale 13, 14. In dem Komparator 9 wird der in dem Arbeitsspalt fließende Strom durch den Stromerfassungswiderstand 7 erfaßt, um einen momentanen Bearbeitungsstromwert 15 zu erhalten, und hierdurch die Hüllensignale 13, 14 mit dem momentanen Bearbeitungsstromwert 15 zu vergleichen, und ein Steuersignal 12 an die Steuerschaltung 3 auszugeben. Die Steuerschaltung 3 schaltet das Schaltelement 4 ein/aus unter der Steuerung des Steuersignals 12, um den Bearbeitungsstrom so zu regeln, daß er innerhalb eines vorbestimmten Wertebereiches liegt. Wenn nämlich der momentane Bearbeitungsstromwert 15 das Hüllensignal 13 überschreitet, wird das Schaltgerät 4 ausgeschaltet. Im Gegensatz hierzu wird das Schaltgerät 4 eingeschaltet, wenn der momentane Bearbeitungsstromwert 15 unter das Hüllensignal 14 absinkt. Bei dem voranstehend beschriebenen Verfahren wird der Bearbeitungsstrom gesteuert bzw. geregelt.

Bei diesem Verfahren wird die Anstiegsgeschwindigkeit der Signalform des Bearbeitungsstroms durch den Stromdetektorwiderstand 7 und die Größe der Induktivitäten 8a, 8b einer Bearbeitungsstromzufuhrvorrichtung festgelegt, so daß also der Widerstand und die

Induktivitäten als Lasten zur Ausführung der Schaltsteuerung eingesetzt werden.

Eine zweite konventionelle Schaltungsanordnung für eine Energieversorgungsvorrichtung ist in Fig. 58 gezeigt, die beispielsweise in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Gebrauchsmusters SHO-157-33949 als "Impulserzeugungsschaltung, gesteuert zur Erzeugung durch intermittierende elektrische Entladungen" beschrieben ist. Diese Energieversorgungsvorrichtung wurde bezüglich der Anstiegs- und Abfallgeschwindigkeiten des Bearbeitungsstroms verbessert, verglichen mit der ersten Energieversorgungsvorrichtung, um so einen beschleunigten Betrieb sicherzustellen. In Fig. 58 bilden eine Hilfsenergieversorgung 28, ein erstes Schaltgerät 4, ein Stromdetektor 24, ein Reaktor 22 und eine Diode 23 eine erste Hilfsschaltung. Eine Energieversorgung 5, die Hilfsenergieversorgung 28, das erste Schaltgerät 4, der Stromdetektor 24, der Reaktor 22, eine Elektrode 1, ein Werkstück 2 sowie ein zweites Schaltgerät 20 bilden eine Hauptschaltung.

Nachstehend wird der Betrieb dieser Schaltung beschrieben. In der ersten Hilfsschaltung wird das Schaltgerät 4 durch eine Steuerschaltung 27 unter Steuerung des Detektorsignals des Stromdetektors 24 betrieben. Die Steuerschaltung 27 führt die Schaltsteuerung oder -regelung des Schaltgerätes 4 so aus, daß der in dem Stromdetektor 24 fließende Strom konstant gehalten wird. In diesem Fall läßt der in die Schaltung eingefügte Reaktor 22 den in der ersten Hilfsschaltung fließenden Strom konstant halten.

Diese zweite Energieversorgungsvorrichtung ist mit einem zweiten Schaltgerät 20 versehen, welches exklusiv zum Ein/Ausschalten des Entladungsimpulses verwendet wird. Wenn der Entladungsimpuls ausgeschaltet ist, fließt ein Strom innerhalb eines vorbestimmten Bereiches in einem stabilen Zustand in der ersten Hilfsschaltung, und sobald die Entladung eingeleitet wird, wird der Bearbeitungsstrom von der ersten Hilfsschaltung zugeführt. Dies ermöglicht es, daß der Strom extrem schnell ansteigt. Der Strom während der Entladung fließt in der Hauptschaltung, die aus der Energieversorgung 5, der Hilfsenergieversorgung 28, dem ersten Schaltgerät 4, dem Stromdetektor 24, dem Reaktor 22, der Elektrode 1, dem Werkstück 2 und dem zweiten Schaltgerät 20 besteht. Wenn die Entladung aufgehört hat, so fließt der Strom, der in dem Reaktor 22 der Hauptschaltung geflossen ist, zur zweiten Diode 23 in der ersten Hilfsschaltung, um so den Strom des Arbeitsspalts schnell zu unterbrechen.

Eine erste Diode 25 ist zu dem Zweck vorgesehen, den Wirkungsgrad der Energieversorgung zu erhöhen, und zwar dadurch, daß eine zweite Hilfsschaltung gebildet wird, und der in dem Reaktor 22 fließende Strom dazu veranlaßt wird, zur Energieversorgung 5 zurückzukehren, wenn sowohl das erste Schaltgerät 4 als auch das zweite Schaltgerät 20 ausgeschaltet werden. Die zweite Hilfsschaltung wird durch die erste Diode 25, den Stromdetektor 24, den Reaktor 22, die zweite Diode 23 und die Hauptenergieversorgung 5 gebildet. Fig. 59 zeigt eine Bearbeitungsstromsignalform, die von der zweiten Energieversorgungsvorrichtung erzeugt wird.

Weiterhin gibt es eine dritte konventionelle Schaltungsanordnung für eine Energieversorgungsvorrichtung, die in Fig. 60 gezeigt ist, und beispielsweise in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents mit der Nr. HEI-2-34732 mit dem Titel "Regelverfahren für eine Erodierbearbeitungs-Energieversorgung" beschrieben ist. In Fig. 60 bezeichnen die Bezugs-

ziffern 30a bis 30e Treibervorrichtungen, welche Schaltgeräte 32a bis 32e zum Leiten veranlassen, und eine Logikschaltung 35 bilden. Mit Bezugsziffern 33a bis 33e sind Begrenzungswiderstände bezeichnet, die einen Bearbeitungsstrom steuern, und die jeweils unterschiedliche Werte aufweisen. Zwischen einer Elektrode 1 und einem Werkstück 2 ist ein Detektor 36 zur Erfassung des Beginns einer Entladung angeordnet. Dieser Detektor 36 übermittelt ein Entladungserfassungssignal 37 an die Logikschaltung 35. Die Logikschaltung 35 wählt die Schaltgeräte 32a bis 32e aus, die unter der Steuerung des Ausgangssignals eines Oszillators 34 und des Entladungserfassungssignals 37 getrieben werden sollen.

Nachstehend wird der Betrieb dieser Schaltung beschrieben. In der Schaltung ist eine Energieversorgung 5 vorgesehen, um einen Strom zu liefern, und eine Parallelschaltung von Schaltungen, die jeweils Reihenschaltungen der Schaltgeräte 32a bis 32e und der Strombegrenzungswiderstände 33a bis 33e umfassen, ist in Reihe mit der Energieversorgung 5 geschaltet. Die Widerstandswerte der Strombegrenzungswiderstände 33a bis 33e, die sich voneinander unterscheiden, sind so gewählt, daß sie eine Potenz von 2 sind, also einen Faktor 1, 2, 4, und so weiter betragen. Wenn ein Rechtecksignal mit einem konstanten Stromwert und einer Dauer t_p zugeführt werden soll, wie in Fig. 61 gezeigt, werden einige der Schaltgeräte 32 durch ihre zugehörige Treiberschaltung 30 eingeschaltet, um zu veranlassen, daß ein Strom durch die zugehörigen Strombegrenzungswiderstände 33 fließt. Wenn die Entladung gestartet wird, wird ein Bearbeitungsstrom an den Arbeitsspalt über ausgewählte Widerstände 33 angelegt. Eine Differenzspannung zwischen der Ausgangsspannung der Hauptenergieversorgung 5 und der Entladungsspannung, die an dem Arbeitsspalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 erzeugt wird, wird an jedem Strombegrenzungswiderstand angelegt, um so den Strom festzulegen, der in dem Strombegrenzungswiderstand fließt. Da die Entladungsspannung im allgemeinen einen konstanten Wert aufweist, wird der Bearbeitungsstrom allein durch die Auswahl der Strombegrenzungswiderstände festgelegt.

Weiterhin kann, wie in Fig. 62 gezeigt, die Anstiegsgeschwindigkeit einer Stromsignalform gesteuert werden. Durch Ein/Ausschalten der Schaltgeräte 32 auf kontinuierliche Weise, nachdem der Entladungsstrom bis zu einem Punkt angestiegen ist, der durch die Bezugsziffer 48 in Fig. 62 bezeichnet ist, kann der Strom weiter erhöht werden, jedoch nur so, daß seine Steigung weiter verringert wird. Eine derartige, absichtliche Steuerung der Entladungsstromsignalform wird häufig deswegen durchgeführt, um eine feinere Steuerung oder Regelung des Bearbeitungsvorgangs zu ermöglichen.

Weiterhin gibt es eine Schaltungsanordnung für eine vierte konventionelle Energieversorgungsvorrichtung, die in Fig. 63 dargestellt ist, die beispielsweise in dem U.S.-Patent Nr. 4 306 135 beschrieben ist. In dieser Figur bezeichnet die Bezugsziffer 49 einen Feststrom-Begrenzungswiderstand, 50 einen Halbleiterverstärker, beispielsweise einen FET, 5 ein Schaltgerät zum Ein/Ausschalten des Halbleiterverstärkers 50, um einen Entladungsimpuls ein/auszuschalten, 52 ein digitales Signal, welches die Stromsignalform des Entladungsimpulses festlegt, 53 einen Digital/Analogwandler, der das Digitalsignal in ein Analogsignal umwandelt, 54 einen Verstärker zum Treiben des Verstärkers 50, und 55 einen Begrenzungswiderstand für den Verstärker 54.

Der Betriebsablauf dieser Schaltung wird nachste-

hend beschrieben. Für den Ein/Aus-Takt des Entladungsimpulses wird von dem Oszillator 21 ein Signal ausgegeben, um das Schaltgerät 51 zu treiben. Der an den Arbeitsspalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 gelieferte Strom, nachdem die Entladung aufgetreten ist, wird durch die Widerstandswerte des festen Widerstands 49 und des Halbleiterverstärkers 50 festgelegt. Wenn beispielsweise ein FET als der Halbleiterverstärker 50 verwendet wird, kann er als ein variabler Widerstand betrieben werden.

Die Charakteristik des FET ist so wie in Fig. 64 angegeben. Wenn wahlweise VGS festgelegt wird, wird ID konstant gehalten, wenn VGS sich geringfügig ändert. Der FET sorgt nämlich dafür, daß der Bearbeitungsstrom so geregelt wird, daß er konstant gehalten wird, unabhängig von einer geringfügigen Änderung der Energieversorgungsspannung 5. Aus diesem Grund ist der Strom während der Entladung stabil, und es ist unwahrscheinlich, daß eine sogenannte Impulsunterbrechung auftritt, bei welcher nämlich die Entladung nach der Hälfte des Impulses aufhört, wodurch eine extrem stabile Bearbeitung zur Verfügung gestellt wird.

Weiterhin stellt die Änderung eines Signals für das Gate G des FET 50 innerhalb eines Einzelimpulses eine wahlweise Signalform zur Verfügung, und sorgt für eine Konstantstromcharakteristik für einen Befehlswert G, wodurch eine besonders stabile Bearbeitung sichergestellt wird.

Die konventionelle Erodierbearbeitungs-Energieversorgung mit dem voranstehend beschriebenen Aufbau weist die nachstehend angegebenen Nachteile auf.

Da nämlich der "Impulsgenerator, der in der Erodier-Werkzeugmaschine verwendet wird", welcher in der japanischen offengelegten Patentveröffentlichung Nr. SHO-62-27928 beschrieben ist, es versucht, im wesentlichen den Bearbeitungsstromwert bei der Schaltregelung innerhalb des festgelegten Bereiches zu halten, weist die Bearbeitungsstromsignalform 47, wie in Fig. 55 gezeigt, einen Brumm auf. Dieser Brumm weist im allgemeinen eine Breite von mehreren Ampere auf. Beispiele für Bearbeitungsstromimpulse, die unter unterschiedlichen Bedingungen erzeugt werden, sind in den Fig. 56 und 57 gezeigt. Fig. 56 zeigt einen hohen Bearbeitungsstrom-Einstellwert, also eine Stromeinstellung für eine sogenannte Grob- oder Vorbearbeitung. Bei einer Stromsignalform 47b dieses Beispiels ist die Brumm-Breite (welche annähernd gleich dem Abstand zwischen Befehlswerten 13 und 14 ist) in bezug auf einen Spitzenwert 13 des Bearbeitungsstrom-Befehlswertes klein, und verursacht daher keinen besonderen Bearbeitungsfehler. Wenn jedoch der Befehlswert des Stromspitzenwertes verringert wird, wie in Fig. 57 gezeigt, so ist der untere Grenzwert 14 des Befehlswertes nicht mehr signifikant, und die ursprünglich rechteckförmig gewünschte Signalform wird dreieckig, wie durch die Bezugsziffer 47c angedeutet ist. Dies führt dazu, daß der Impuls nicht über einen gewünschten Zeitraum aufrechterhalten werden kann, und intermittierend wird. Diese Signalform ist nicht dazu fähig, ein gewünschtes Bearbeitungsergebnis zur Verfügung zu stellen.

Infolge des Brumms bei der Stromsignalform ist die Stromsignalform, die durch die Schaltregelung geregelt werden soll, nicht für die Regelung einer Mikrostromsignalform geeignet, beispielsweise bei der End- oder Feinbearbeitung, und kann die gewünschte Bearbeitung nicht erzielen.

Weiterhin ist die "Impulserzeugungsschaltung, die zur Erzeugung intermittierender elektrischer Entladungen

geregelt wird", wie in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Gebrauchsmusters Nr. SHO-57-33949 beschrieben, so ausgelegt, daß sie in gewissem Ausmaß die Schwierigkeiten der Vorgehensweise beseitigt, die in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents mit der Nr. SHO-62-27928 beschrieben ist. Der in die Schaltung von Fig. 58 eingefügte Reaktor (Drosselspule) 22 hält nämlich den Strom auf einfachere Weise konstant, und die Brumm-Breite der Stromsignalform kann beträchtlich geringer sein als bei dem Verfahren der Schaltung in Fig. 54. Im allgemeinen läßt die Einfügung eines Reaktors den Strom einfacher konstant halten, weist jedoch den Nachteil auf, daß keine (ausreichenden) Anstiegs- und Abfallgeschwindigkeiten zur Verfügung gestellt werden können. Allerdings wird in der Schaltung von Fig. 58 die erste Hilfsschaltung dazu verwendet, den Spitzenstromwert vorher sicherzustellen, und nach dem Beginn des Entladungsimpulses wird die zweite, getrennte Schaltvorrichtung 20 dazu verwendet, den Entladungsstrom dazu zu veranlassen, zu leiten oder nicht zu leiten, wodurch die Anstiegs- und Abfallgeschwindigkeiten verbessert werden. Allerdings ist für diesen Zweck die Hilfsenergieversorgung 28 erforderlich.

Diese Hilfsenergieversorgung 28 ist wahrscheinlich mit einer erheblich größeren Ausgangskapazität versehen als die Energieversorgung 5, die als Hauptenergieversorgung dient, da sie eine kleinere Ausgangsspannung aufweisen kann, jedoch ihr Ausgangsstrom im wesentlichen gleich dem Arbeitsstrom sein muß. Ein weiterer Nachteil dieser Vorgehensweise liegt in der Schwierigkeit, die Schaltung kostengünstig zur Verfügung zu stellen.

Weiterhin weist das in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Gebrauchsmusters mit der Nr. SHO-57-33949 beschriebene Verfahren in der Hinsicht einen Nachteil auf, daß es hierbei, anders als bei dem Verfahren, welches in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents mit der Nr. SHO-62-27928 beschrieben ist, schwierig ist, eine wahlweise Entladungsimpulssignalform gleichzeitig mit der Regelung von deren Anstiegs- und Abfallgeschwindigkeiten zur Verfügung zu stellen, so daß nur das Rechtecksignal gemäß Fig. 59 zur Verfügung gestellt werden kann.

Weiterhin ist das Verfahren, welches in "Steuerverfahren für eine Erodierbearbeitungs-Energieversorgung" gemäß der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents mit der Nr. HEI-2-34732 beschrieben ist, so ausgelegt, daß es die Schwierigkeiten überwindet, die bei den Vorhergehensweisen bestehen, die in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents mit der Nr. SHO-62-27928 und in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Gebrauchsmusters mit der Nr. SHO-57-33949 beschrieben sind.

Die in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents mit der Nr. HEI-2-34732 beschriebene Vorgehensweise verwendet die Konstantspannungs-Energieversorgung und den darin eingefügten Widerstand dazu, den Bearbeitungsstromwert zu regeln, ohne daß der Entladungsbearbeitungsstrom durch eine Schaltregelung geregelt oder gesteuert wird. Daher weist die zur Verfügung gestellte Entladungsstromsignalform praktisch keinen Strom-Brum auf, wie in Fig. 61 gezeigt, und das Ein/Ausschalten der Widerstände 33a bis 33d in der Schaltung mit hoher Geschwindigkeit gestatten es, die durch die Bezugsziffer 48 bezeichnete Anstiegsgeschwindigkeit und die Stromsignalform

wahlweise einzustellen, wie in Fig. 62 gezeigt ist.

Allerdings liegt der Nachteil dieser Vorgehensweise darin, daß der Strom nicht direkt gesteuert oder geregelt wird, sondern in Abhängigkeit von dem Widerstandswert geregelt wird, welcher den Strom begrenzt, wodurch sich der Entladungsstromwert entsprechend der Ausgangsspannung der Energieversorgung 5 ändert. Wenn ein vorgegebener Stromwert eingestellt wurde, kann mit anderen Worten derselbe Bearbeitungszustand nicht zur Verfügung gestellt werden, wenn die Spannung der Energieversorgung sich ändert.

Weiterhin ist es bekannt, daß der Entladungsspannung zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 physikalisch als eine Konstantspannungslast von annähernd 25 V wirkt. Auf diesem Grund wird die Differenzspannung zwischen der Ausgangsspannung der Energieversorgung 5 und dem Spannungsabfall von 25 V des Entladungsspaltes hauptsächlich an die Strombegrenzungswiderstände 33 angelegt und wird als Wärmeenergie verbraucht. Als Energieversorgung der Erodiermaschine kann nämlich diese Vorgehensweise nicht eine Verringerung des Energieversorgungswirkungsgrades vermeiden, verglichen mit den Vorgehensweisen, die in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents mit der Nr. SHO-62-27928 und der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Gebrauchsmusters mit der Nummer SHO-57-33949 beschrieben sind. Dies verhindert eine Verkleinerung der Energieversorgungsvorrichtung, und macht es darüber hinaus schwierig, dieselben Funktionen kostengünstig bereitzustellen. Wie voranstehend erläutert, weist die Vorrichtung in der Informationsdruckschrift 3 die Nachteile auf, daß der Bearbeitungsstrom nicht einfach konstant gehalten wird, daß der Energieversorgungswirkungsgrad schlecht ist, und daß dieser schlechte Energieversorgungswirkungsgrad zu erheblichen Abmessungen und hohen Kosten der Vorrichtung führt.

Darüber hinaus wurden gemäß dem U.S.-Patent Nr. 4 306 135 einige Nachteile der Vorgehensweise beseitigt, die in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents mit der Nr. HEI-2-34732 beschrieben ist.

Bei dem in dem U.S.-Patent Nr. 4 306 135 beschriebenen Verfahren wird nämlich ein Halbleiterverstärker verwendet, statt der mehreren Strombegrenzungswiderstände, die bei der Vorgehensweise verwendet werden, die in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents mit der Nr. HEI-2-34732 beschrieben sind. Da bei diesem Stand der Technik der FET als der Halbleiterverstärker verwendet wird, wird die in Fig. 64 gezeigte Konstantstromcharakteristik zur Verfügung gestellt. Daher kann ein konstanter Strom in bezug auf die Änderung der Ausgangsspannung der Energieversorgung 5 aufrechterhalten und geregelt werden; und darüber hinaus kann die Konstantstromregelung oder -steuerung während des Andauerns des Entladungsimpulses ausgeübt werden, wodurch sich eine extrem stabile Bearbeitung ermöglichen läßt. In dem Sinne, daß der Impulsstrom konstant gehalten werden kann, läßt sich eine stabilere Bearbeitung erreichen, verglichen mit den Schalt-Energieversorgungen bei den Vorgehensweisen, die in der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents Nr. SHO-62-27928 und der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Gebrauchsmusters mit der Nr. SHO-57-33949 beschrieben sind. Da der Widerstandswert zum Zeitpunkt des Beginns der Entladung extrem klein ist, verglichen mit der japanischen Veröffentlichung eines offengelegten Patents mit der Nr. HEI-2-34732, kann darüber hinaus der

Entladungsstrom schneller erhöht werden.

Allerdings wird die Differenzspannung zwischen der Ausgangsspannung der Energieversorgung 5 und der Bearbeitungsspaltspannung insgesamt an den Halbleiterverstärker 50 angelegt. Daher ist die Wärmeenergie groß, die von dem Halbleiterverstärker 50 verbraucht werden soll. Verglichen mit üblichen elektrischen Teilen wird der Halbleiter einfach beeinflusst, insbesondere durch Wärme, und ist bezüglich der Auslegung der Wärmeableitung bedeutsam. Allerdings erzeugt das in dem U.S.-Patent Nr. 4 306 135 verwendete Verfahren eine erhebliche Wärme, da es nicht nur den Halbleiter als das Schaltgerät verwendet, sondern diesen auch als variablen Widerstand in einem aktiven Bereich verwendet, so daß daher dieses Verfahren nicht das Fließen eines hohen Stroms zuläßt, und es sehr schwierig ist, eine Schaltung zu entwerfen, welche eine Erodier-Grobbearbeitung erzielen kann, die einen Stromspitzenwert von einigen 10 Ampere oder mehr erfordert.

Das in dem U.S.-Patent Nr. 4 306 135 beschriebene Verfahren weist in der Hinsicht einen Nachteil auf, daß ein hoher Strom, der für eine Grob- oder Vorbearbeitung ausreicht, nicht gesteuert oder geregelt werden kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, diese Schwierigkeiten dadurch zu überwinden, daß eine Energieversorgung einer Erodiermaschine (einer mit elektrischer Entladung arbeitenden Maschine) zur Verfügung gestellt wird, welche einen kleinen Brumm bei einem Bearbeitungsstromimpuls aufweist, es gestattet, daß ein Mikrostrom einfach bei der Endbearbeitung erzeugt wird, und es weiterhin gestattet, daß eine Energieversorgungsvorrichtung geringe Abmessungen aufweist und geringe Kosten hervorruft, infolge ihres extrem hohen Energieversorgungswirkungsgrades.

Das Verfahren zum Steuern der Energieversorgung für eine Erodiermaschine, gemäß der vorliegenden Erfindung, schaltet die Schaltgeräte in einem wahlweisen Zyklus unter der Steuerung des Strombefehlswertsignals ein/aus, entsprechend der Signalform des Stromimpulses, welcher an den Arbeitsspalt angelegt werden soll, wodurch eine wahlweise Form eines Stromimpulses an den Arbeitsspalt angelegt wird, und die Stromkomponente zum Kompensieren der Brumm-Komponente, die durch das Schalten zum Zufuhrzeitpunkt des Stroms erzeugt wird, wird der wahlweisen Form des Stroms überlagert, und dem Arbeitsspalt zugeführt.

Die zweite Bearbeitungsschaltung gemäß der Erfindung überlagert den Strom, welcher der Differenz zwischen dem Strombefehlswertsignal und dem Strom von der ersten Bearbeitungsschaltung entspricht, also die sogenannte Stromkomponente zum Kompensieren der Brumm-Komponente, die durch das Schalten der ersten Bearbeitungsschaltung erzeugt wird, dem Strom von der ersten Bearbeitungsschaltung und liefert den sich ergebenden Strom an den Arbeitsspalt.

Die erste Gleichstromquelle gemäß der Erfindung liefert den Arbeitsspalt mit einem Strom auf der Grundlage des Signals, welches durch Subtrahieren des vorbestimmten Wertes von dem Strombefehlswertsignal erhalten wird, und die zweite Gleichstromquelle überlagert den Strom entsprechend der Differenz zwischen dem Strombefehlswertsignal und dem Strom von der ersten Gleichstromquelle dem Strom von der ersten Gleichstromquelle, und liefert den sich ergebenden Strom an den Arbeitsspalt.

Die erste Gleichstromquelle gemäß der Erfindung be-

liefert den Arbeitsspalt mit dem Strom auf der Grundlage des Strombefehlswertsignals, und die zweite Stromquelle überlagert den Strom entsprechend der positiven Differenz zwischen dem Stromwert von der ersten Gleichstromquelle und dem Strombefehlswertsignal dem Strom von der ersten Gleichstromquelle, und schickt den sich ergebenden Strom an den Arbeitsspalt, und darüber hinaus überlagert die dritte Stromquelle den Strom entsprechend der negativen Differenz zwischen dem Stromwert von der ersten Gleichstromquelle und dem Strombefehlswertsignal der Schaltung von der ersten Gleichstromquelle, und schickt den sich ergebenden Strom an den Arbeitsspalt.

Das Energieversorgungssteuer- oder Regelverfahren gemäß der Erfindung stellt den Ausgangsstrompegel und den Ausgangsstrombrumm des Konstantstromversorgungsabschnitts ein, legt das Additionsergebnis des eingestellten Ausgangsstrompegels und des Ausgangsstrombrumms als das Ausgangsstrom-Befehlssignal des Konstantstromversorgungsabschnitts fest, vergleicht das Ausgangsstrom-Befehlssignal mit dem Ausgangsstrom des Konstantstromversorgungsabschnitts und steuert oder regelt das Schaltgerät des Konstantstromversorgungsabschnitts entsprechend dem Ergebnis dieses Vergleichs.

Die Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung umfaßt die Brummstromeinstelleinrichtung, welche eine Modulationseinrichtung aufweist, um die eingestellte Signalfrequenz des Brummstromeinstellwertes entsprechend dem eingestellten Wert der Ausgangsstrompegeleinstelleinrichtung zu modulieren, um die eingestellte Signalfrequenz des Brummstromeinstellwertes zu verringern, wenn der eingestellte Pegel der Ausgangsstrompegeleinstelleinrichtung hoch ist, und um die eingestellte Signalfrequenz des Brummstromeinstellwertes zu erhöhen, wenn der eingestellte Pegel der Ausgangsstrompegeleinstelleinrichtung niedrig ist.

Die Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung stellt den Ausgangsstrompegel und den Ausgangsstrombrumm des Konstantstromversorgungsabschnitts ein, legt das Additionsergebnis des eingestellten Ausgangsstrompegels und des Ausgangsstrombrumms als das Ausgangsstrombefehlssignal des Konstantstromversorgungsabschnitts fest, vergleicht das Ausgangsstrombefehlssignal mit dem Ausgangsstrom des Konstantstromversorgungsabschnitts, und steuert das Schaltgerät des Konstantstromversorgungsabschnitts entsprechend dem Ergebnis dieses Vergleichs. Die Gate-Einrichtung schaltet Rauschen aus, welches von dem Ein/Ausschalten des ersten Schaltgerätes in dem Konstantstromversorgungsabschnitt herrührt.

Die Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung stellt die Ausgangsstrompegel der Konstantstromversorgungsabschnitte ein, den ersten Ausgangsstrombrumm und den zweiten Ausgangsstrombrumm, der um 180° gegenüber dem ersten Ausgangsstrombrumm phasenverschoben ist, legt das Additionsergebnis des Ausgangsstrompegels und des ersten Ausgangsstrombrumms als das erste Ausgangsstrombefehlssignal des ersten Konstantstromversorgungsabschnitts fest, legt das Additionsergebnis des eingestellten Ausgangsstrompegels und des zweiten Ausgangsstrombrumms als das zweite Ausgangsstrombefehlssignal des zweiten Konstantstromversorgungsabschnitts fest, vergleicht das erste Ausgangsstrombefehlssignal mit dem Ausgangsstrom des ersten Konstantstromversorgungsabschnitts und steuert bzw. regelt das Schalt-

gerät des ersten Konstantstromversorgungsabschnitts entsprechend dem Ergebnis dieses Vergleichs, und vergleicht das zweite Ausgangsstrombefehlssignal mit dem Ausgangsstrom des zweiten Konstantstromversorgungsabschnitts und steuert bzw. regelt das Schaltgerät des zweiten Konstantstromversorgungsabschnitts entsprechend dem Ergebnis dieses Vergleichs.

Die Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung stellt den Ausgangsstrompegel und den Ausgangsstrombrumm des Konstantstromversorgungsabschnitts ein, läßt das Additionsergebnis des Ausgangsstrompegels und des Ausgangsstrombrumms (ripple) als das Ausgangsstrombefehlssignal des Konstantstromversorgungsabschnitts fest, vergleicht das Ausgangsstrombefehlssignal mit dem Ausgangsstrom des Konstantstromversorgungsabschnitts und gibt das Signal aus, welches das erste Schaltgerät des Konstantstromversorgungsabschnitts ausschaltet, entsprechend dem Ergebnis dieses Vergleichs, und weiterhin gibt die Taktgebereinrichtung das Signal aus, welches das erste Schaltgerät des Konstantstromversorgungsabschnitts einschaltet, wenn ein vorbestimmter Zeitraum abgelaufen ist, nachdem die Vergleichseinrichtung das Signal ausgegeben hat, welches das erste Schaltgerät des Konstantstromversorgungsabschnitts abschaltet.

Das Stromversorgungssteuer- oder Regelverfahren gemäß der Erfindung veranlaßt den Strom, welcher die Abnahme des Ausgangsstroms unterdrückt, die im ausgeschalteten Zustand des ersten Schaltgerätes auftritt, wenn der Strom zur Addition zugeführt wird, den Strom zu halten, so daß er nicht abrupt verringert wird, wodurch Brummstörungen verringert werden.

Die Reihenschaltung der zweiten Gleichstromenergieversorgung, bei welcher die Spannung gleich der elektrischen Entladungsspannung (Erodiervoltage) ist oder geringfügig geringer, das dritte Schaltgerät und die Diode in der Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung veranlassen den Strom, der die Verringerung des Ausgangsstroms unterdrückt, die im ausgeschalteten Zustand des ersten Schaltgerätes auftritt, wenn der Strom zur Addition zugeführt wird, dazu, den Strom auf einem solchen Wert zu halten, daß er nicht abrupt verringert wird, wodurch Brummstörungen verringert werden.

Bei der Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung erfolgt ein Anstieg bzw. eine Abnahme des Ausgangsstroms zwischen dem Strombefehlswert und dem Überstrom-Befehlswert, wenn ein zu hoher Strom infolge eines Kurzschlusses oder dergleichen über die Elektrode und das Werkstück fließt, wodurch der Fluß eines Kurzschlußstroms verhindert wird.

Das Energieversorgungsregelverfahren gemäß der Erfindung hält den Strom auf einem solchen Wert, daß ein plötzlicher Anstieg vermieden wird, wenn der Ausgangsstrom auf einen vorgegebenen Strompegel gesteuert oder geregelt wird, wodurch Brummstörungen vermieden werden.

Die Reihenschaltung der dritten Gleichstromenergieversorgung, bei welcher die Spannung den Arbeitsspalt mit einer Spannung versorgen kann, die höher als die elektrische Entladungsspannung ist, und niedriger als die Spannung, die von der ersten Gleichstromenergieversorgung geliefert wird, das vierte Schaltgerät und die Diode in der Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung halten den Strom auf einem solchen Wert, daß ein abrupter Anstieg vermieden wird, wenn der Ausgangsstrom auf einen vorgegebenen Strompegel gesteuert oder geregelt wird, wodurch Brummstörun-

gen vermieden werden.

Die Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung verwendet das erste Schaltgerät und das vierte Schaltgerät dazu, den Ausgangsstrom zu steuern oder zu regeln, und, nachdem der Ausgangsstrom den vorgegebenen Wert erreicht hat, verwendet das vierte Schaltgerät dazu, den Ausgangsstrom zu steuern oder zu regeln, wodurch eine Stromsteuerung oder -regelung mit geringem Brumm durchgeführt wird.

Die Reihenschaltung der vierten Gleichstromenergieversorgung, bei welcher die Spannung an die Steigung der Vorderflanke des Stroms in der Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung angepaßt ist, verringert Brummstörungen, wenn der Ausgangsstrom erhöht wird, um so die gewünschte Vorderflanke des Stroms zur Verfügung zu stellen.

Die Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung arbeitet so, daß sie den Brumm des Stroms ausschaltet, und zwar zwischen dem Zeitpunkt, wenn die elektrische Entladung auftritt, bis zu dem Zeitpunkt, an welchem der Strom den Befehlswert erreicht.

Die Reihenschaltung der fünften Gleichstromenergieversorgung, bei welcher die Spannung den Arbeitsspalt mit einer Spannung versorgen kann, die höher als die Spannung ist, die von der ersten Gleichstromenergieversorgung geliefert wird, und des sechsten Schaltgerätes in der Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung arbeitet so, daß verläßlich die elektrische Entladung erzeugt wird.

Die Energieversorgungsvorrichtung gemäß der Erfindung schaltet das sechste Schaltgerät unter der Steuerung eines Hochspannungs-Impulssignals ein, wenn die elektrische Entladung verzögert wurde, so daß eine verläßliche Erzeugung der elektrischen Entladung sichergestellt wird.

Die Energieversorgungsvorrichtung gemäß einer der verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung kann Niederspannungs-Energieversorgungen als ihre Gleichstromenergieversorgungen verwenden, beispielsweise die erste Gleichstromenergieversorgung, die vierte Gleichstromenergieversorgung, und so weiter, und ermöglicht so eine wirksame Nutzung der Energieversorgungen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand zeichnerisch dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert, aus welchen weitere Vorteile und Merkmale hervorgehen. Es zeigt:

Fig. 1 ein Schaltbild zur Erläuterung einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2(a) bis (d) Stromsignalformdiagramme bei der ersten Ausführungsform;

Fig. 3 ein Stromsignalformdiagramm bei der ersten Ausführungsform;

Fig. 4(a) bis (e) Betriebsablauf-Zeitdiagramme zur Erläuterung des Betriebs der Schaltung in der ersten Ausführungsform;

Fig. 5 ein Stromsignalformdiagramm bei der ersten Ausführungsform;

Fig. 6 ein Schaltbild zur Erläuterung einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7 ein Schaltbild zur Erläuterung einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 8 ein Rechteckstrom-Signalformdiagramm bei der dritten Ausführungsform;

Fig. 9 ein Dreieckstrom-Signalformdiagramm bei der dritten Ausführungsform;

Fig. 10 ein Schaltbild zur Erläuterung einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

- Fig. 11 ein Rechteckstrom-Signalformdiagramm bei der vierten Ausführungsform;
- Fig. 12 ein Dreiecksstrom-Signalformdiagramm bei der vierten Ausführungsform;
- Fig. 13 ein Dreieckssignal-Stromsignalformdiagramm bei der vierten Ausführungsform;
- Fig. 14 ein Schaltbild zur Erläuterung einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 15 ein Schaltbild zur Erläuterung einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 16 ein Schaltbild zur Erläuterung einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 17 ein Stromsignalformdiagramm bei der fünften Ausführungsform;
- Fig. 18 ein Stromsignalformdiagramm bei der sechsten Ausführungsform;
- Fig. 19 ein Stromsignalformdiagramm bei der siebten Ausführungsform;
- Fig. 20 ein Schaltbild zur Erläuterung einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 21(a) bis (e) Signalformdiagramme und Zeitablaufdiagramme, die zur Beschreibung des Betriebs der achten Ausführungsform verwendet werden;
- Fig. 22(a) bis (c) Signalformdiagramme, die zur Beschreibung der Abänderung der achten Ausführungsform verwendet werden;
- Fig. 23 ein Schaltbild zur Erläuterung einer neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 24 ein Diagramm der V-f-Charakteristik, zur Beschreibung des Betriebs bei der neunten Ausführungsform;
- Fig. 25(a) bis (d) Signalformdiagramme und Zeitablaufdiagramme, die zur Beschreibung des Betriebs bei der neunten Ausführungsform verwendet werden;
- Fig. 26 ein Schaltbild zur Erläuterung einer zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 27(a) bis (g) Signalformdiagramme und Zeitablaufdiagramme, die zur Beschreibung des Betriebs der zehnten Ausführungsform verwendet werden;
- Fig. 28 ein Schaltbild zur Erläuterung einer elften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 29(a) bis (d) Signalformdiagramme, die zur Beschreibung des Betriebs bei der elften Ausführungsform verwendet werden;
- Fig. 30(a) bis (c) Signalformdiagramme, die zur Beschreibung des Betriebs bei der elften Ausführungsform verwendet werden;
- Fig. 31 ein Schaltbild zur Erläuterung einer zwölften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 32(a) bis (c) ein Signalformdiagramm und ein Zeitablaufdiagramm, die zur Beschreibung des Betriebs bei der zwölften Ausführungsform verwendet werden;
- Fig. 33 ein Hauptschaltbild zur Erläuterung einer dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 34 ein Schaltbild zur Erläuterung einer Steuer- oder Regelschaltung bei der dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 35 ein Schaltbild zur Erläuterung eines Beispiels für eine Taktgeberschaltung, bei der dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 36 ein Schaltbild zur Erläuterung eines alternativen Beispiels für die Taktgeberschaltung bei der dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 37 Zeitablaufdiagramme, die zur Beschreibung des Betriebs der Taktgeberschaltung bei der dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden;
- Fig. 38 Signalformdiagramme und Zeitablaufdiagramme, die zur Beschreibung eines Hauptbetriebes bei der dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden;
- Fig. 39 Signalformdiagramme und Zeitablaufdiagramme, die zur Beschreibung des Betriebs zum Zeitpunkt eines Kurzschlusses eines Arbeitsspaltes bei der dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden;
- Fig. 40 ein Schaltbild zur Erläuterung eines alternativen Beispiels für die Steuer- oder Regelschaltung bei der dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 41 Signalformdiagramme, die zur Beschreibung des tatsächlichen Betriebs bei der dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden;
- Fig. 42 Signalformdiagramme, die zur Beschreibung des aktuellen Betriebs bei der dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden;
- Fig. 43 ein Hauptschaltbild zur Erläuterung einer vierzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 44 ein Schaltbild zur Erläuterung einer Steuer- oder Regelschaltung bei der vierzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 45 Signalformdiagramme und Zeitablaufdiagramme, die zur Beschreibung eines Hauptbetriebes verwendet werden, der bei der vierzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auftritt;
- Fig. 46 ein Hauptschaltbild zur Erläuterung einer fünfzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 47 ein Schaltbild zur Erläuterung einer Steuer- oder Regelschaltung bei der fünfzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 48 Signalformdiagramme und Zeitablaufdiagramme, die zur Beschreibung eines Hauptbetriebes bei der fünfzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden;
- Fig. 49 ein Hauptschaltbild zur Erläuterung einer sechzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 50 ein Schaltbild zur Erläuterung einer Steuer- oder Regelschaltung bei der sechzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 51 Signalformdiagramme und Zeitablaufdiagramme, die zur Beschreibung eines Hauptbetriebes bei der sechzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden;
- Fig. 52 ein Hauptschaltbild zur Erläuterung einer siebzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 53 ein Hauptschaltbild zur Erläuterung einer achtzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 54 ein Schaltbild zur Erläuterung einer ersten Einrichtung nach dem Stand der Technik;
- Fig. 55 ein Stromsignalformdiagramm, welches bei der Schaltung von Fig. 54 erzeugt wird;
- Fig. 56 ein Stromsignalformdiagramm, welches zur Beschreibung der Nachteile der ersten Einrichtung nach dem Stand der Technik verwendet wird;
- Fig. 57 ein Stromsignalformdiagramm, welches zur Beschreibung der Nachteile bei der ersten Einrichtung nach dem Stand der Technik verwendet wird;
- Fig. 58 ein Schaltbild zur Erläuterung einer zweiten Einrichtung nach dem Stand der Technik;
- Fig. 59 ein Stromsignalformdiagramm, welches von

der Schaltung in Fig. 58 erzeugt wird;

Fig. 60 ein Schaltbild zur Erläuterung einer dritten Einrichtung nach dem Stand der Technik;

Fig. 61 ein Stromsignalformdiagramm, welches von der Schaltung in Fig. 60 erzeugt wird;

Fig. 62 ein Stromsignalformdiagramm, welches von der Schaltung in Fig. 60 erzeugt wird;

Fig. 63 ein Schaltbild zur Erläuterung einer vierten Einrichtung nach dem Stand der Technik; und

Fig. 64 ein Diagramm der Stromcharakteristik eines Halbleiterverstärkers, der in der Schaltung von Fig. 63 verwendet wird.

Nachstehend wird auf der Grundlage der Fig. 1 bis 5 eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Fig. 1 ist ein Schaltbild einer Energieversorgung für eine elektrische Erodiermaschine (Entladungsmaschine) gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In Fig. 1 bezeichnet die Bezugsziffer 1 eine Elektrode, 2 ein Werkstück, 4 ein erstes Schaltgerät, 5 eine Energieversorgung, 6 eine Diode, die einen Reststrom zum Fließen veranlaßt, 7 einen Stromdetektor, 100a bis 100c zweite Schaltgeräte, 101a bis 101c Strombegrenzungswiderstände, deren Widerstandswerte im Verhältnis von Potenzen von 2 stehen, also 1 : 2 : 4, 102 eine Strombefehlswert-Signaleinstelleinheit, die dazu verwendet wird, den Spitzenwert, die Dauer, die Stoppzeit, die Form und dergleichen einer Stromsignalform zu einem Strombefehlswertsignalgenerator 103 einzustellen, 103 einen Strombefehlswertsignalgenerator, der ein Strombefehlswertsignal erzeugt, das durch die Strombefehlswert-Signaleinstelleinheit 102 eingestellt wird, und 104 bezeichnet, deren Ausgangssignal.

105 bezeichnet einen Signalwandler, welcher eine Addition/Subtraktion eines vorgegebenen Wertes zum/vom Ausgangssignal 104 durchführt, oder das Ausgangssignal mit einer vorbestimmten Rate multipliziert, 106 bezeichnet dessen Ausgangssignal, 107 bezeichnet einen ersten Signal-Addierer/Subtrahierer, der eine Differenz zwischen dem Ausgangssignal 106 und dem momentanen Wert eines Detektorsignals 112 bearbeitet, welches von dem Stromdetektor 7 ermittelt wird, 108 bezeichnet dessen Ausgangssignal, 109 bezeichnet eine Logikschaltung, die ein Logiksignal zum Einschalten/Ausschalten des ersten Schaltgerätes 4 unter der Steuerung des Ausgangssignals 108 ausgibt, 110 bezeichnet deren Ausgangssignal, und 111 bezeichnet einen Verstärker zum Treiben des ersten Schaltgerätes 4 unter der Steuerung des Ausgangssignals 110.

112 bezeichnet ein Detektorsignal, welches den Momentanwert eines von dem Stromdetektor 7 zur Verfügung gestellten Stroms angibt, 113 bezeichnet einen zweiten Signal-Addierer/Subtrahierer, der eine Differenz zwischen einem Befehlswert von dem Strombefehlswertsignalgenerator 103 und dem Momentanwert des Detektorsignals 112 von dem Stromdetektor 7 bearbeitet, 114 bezeichnet einen Analog/Digitalwandler, der das Ausgangssignal des zweiten Signal-Addierers/Subtrahierers 113 in ein Digitalsignal umwandelt, 115a bis 115c bezeichnet Verstärker, welche jedes Bit des digitalen Signals des Analog/Digitalwandlers 114 verstärken, um die Schaltgeräte 100a bis 100c zu treiben, 116 bezeichnet ein Arbeitsspalt-Spannungssignal zur Erfassung des Beginns einer Entladung, und 117 bezeichnet einen Widerstand.

Bei der vorliegenden Ausführungsform sind die Energieversorgung 5, das erste Schaltgerät 4, der Stromdetektor 7, der Widerstand 117 und der Arbeitsspalt so in

Reihe geschaltet, daß sie eine erste Bearbeitungsschaltung bilden. Weiterhin bilden mehrere Reihenschaltungen der Strombegrenzungswiderstände 101a bis 101c und der zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c eine zweite Bearbeitungsschaltung, die parallel zur ersten Bearbeitungsschaltung geschaltet ist, um den Arbeitsspalt mit einem Strom zu versorgen, der dem Strom von der ersten Bearbeitungsschaltung überlagert ist. Darüber hinaus bilden die Logikschaltung 109 und der Verstärker 110 eine erste Steuer- oder Regelschaltung, und der Analog/Digitalwandler 114 und der Verstärker 115a bis 115c bilden eine zweite Steuer- oder Regelschaltung.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 2(a) bis (d) bis Fig. 5 wird nachstehend der Betrieb dieser Schaltung beschrieben. Zuerst, vor dem Beginn der Bearbeitung, stellt ein Benutzer, der mit der Erodiermaschine arbeitet, die Form, Dauer, Stoppzeit, und dergleichen einer Stromsignalform von der Einstelleinheit 102 für den Strombefehlswert-Signalgenerator 103 ein. Diese Werte können durch ein Programm von einer NC-Steuervorrichtung oder dergleichen vorgegeben werden. Der Strombefehlswert-Signalgenerator 103 erzeugt Signale, die für die Energieversorgungsvorrichtung bei der tatsächlichen Bearbeitung erforderlich sind, beispielsweise den Takt des Anlegens einer Spannung an den Arbeitsspalt, unter den Bedingungen der Einstelleinheit 102. Mit anderen Worten erzeugt der Strombefehlswert-Signalgenerator 103 ein Strombefehlswertsignal, welches den Betrieb festlegt, so daß beispielsweise die Bearbeitungsstromsignalform ausgegeben wird, wenn eine Entladung gestartet wurde, nachdem die Spannung an den Arbeitsspalt angelegt wurde, und die Spannung erneut angelegt wird, wenn ein vorbestimmter Zeitraum einer Stoppzeit verstrichen ist, nachdem die Bearbeitungsstromsignalform aufgehört hat.

Das Signal 104, welches von dem Strombefehlswert-Signalgenerator 103 ausgegeben wird, wird durch den Signalwandler 105 in das Ausgangssignal 106 umgewandelt. Dieses Ausgangssignal 106 wird so umgewandelt, daß sein Pegel dem des Ausgangssignals 104 entspricht, oder einen geringfügig niedrigeren Signalpegel aufweist. Eine Differenz zwischen diesem Ausgangssignal 106 und dem Signal 112, welches von dem Stromdetektor 107 erfaßt wird (der in der ersten Bearbeitungsschaltung fließende Strom) wird dann von dem ersten Signal-addierer 107 behandelt und dient als das Ausgangssignal 108.

Dieses Ausgangssignal 108 wird weiterhin an die Logikschaltung 109 geschickt. Diese Logikschaltung 109 ist so ausgelegt, daß sie den Betriebstakt des ersten Schaltgerätes 4 unter der Steuerung des Ausgangssignals 108 ausgibt, also als das Ausgangssignal 110, und die Logikschaltung 109 liefert ein Ausgangssignal "1" zum Einschalten des ersten Schaltgerätes 4, wenn der von dem Stromdetektor 7 erfaßte Stromwert kleiner als der Befehlswert ist, der durch das Signal 106 gegeben wird, und liefert ein Ausgangssignal "0" zum Ausschalten des ersten Schaltgerätes 4, wenn der von dem Stromdetektor 7 erfaßte Stromwert größer als der durch das Signal 106 gegebene Befehlswert ist. Der Verstärker 111 treibt das erste Schaltgerät 4 unter der Steuerung des Ausgangssignals 110.

Fig. 2(a) erläutert die voranstehende Beschreibung im Format einer Betriebsstromsignalform. Eine durch 104a bis 104c umschlossene Form repräsentiert den Befehlswert der Stromsignalform entsprechend dem Ausgangssignal 104 in Fig. 1. Wird nunmehr angenommen, daß dem Signalwandler 105 keine Signalumwandlung durch-

führt, so paßt das Ausgangssignal 106 zum Ausgangssignal 104. Ist das erste Schaltgerät 4 leitend, so wird eine Entladung begonnen, der Entladungsstrom beginnt zu fließen, und der von dem ersten Schaltgerät 4 gelieferte Strom fängt an anzusteigen, wie durch 121 in Fig. 2(a) angedeutet ist.

Ein vorbestimmter oberer Schwellenwert 118a existiert in der Logikschaltung 109, deren Ausgang von "1" auf "0" umschaltet, um das erste Schaltgerät 4 auszuschalten (vgl. den Takt 119 in Fig. 2(a)), wenn das Differenzsignal 108 auf "0" geschaltet wird, und deren Ausgang von "0" auf "1" umschaltet, um das erste Schaltgerät 4 einzuschalten (dies ist in Fig. 2(a) der Takt 120), wenn das Differenzsignal 108 einen unteren Schwellenwert 118b erreicht. Der Strom, der durch das erste Schaltgerät 4 zum Fließen veranlaßt wird, geht daher zwischen 118a und 118b in Fig. 2(a) herauf und herunter. Eine Differenz zwischen 118a und 118b legt einen Schwellenwertbereich fest. Endet die Dauer des Impulses, so fällt der Strom in Richtung auf Null ab, wie durch 122 angedeutet ist. Wie voranstehend beschrieben, weist die von dem ersten Schaltgerät 4 gelieferte Stromsignalform eine Welligkeit auf, wie durch 121, 119, 120, 122 und so weiter in Fig. 2(a) angedeutet ist. Dies stellt einen Strombrumm dar.

Um diese Strombrummkomponente zu kompensieren, so daß das Signal beinahe wieder dem ursprünglichen Ausgangssignal 104 entspricht, also dem Stromsignalformbefehlswert, ist die vorliegende Ausführungsform zusätzlich zur ersten Bearbeitungsschaltung, die das erste Schaltgerät 4 und so weiter umfaßt, mit der zweiten Bearbeitungsschaltung versehen, die aus den Reihenschaltungen der zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c und der Widerstände 101a bis 101c besteht, parallel zur ersten Bearbeitungsschaltung.

Eine Differenz zwischen dem Ausgangssignal 104, welches als der Strombefehlswert dient, und dem Detektorsignal 112, welches als der momentane Stromwert dient, infolge des Strombrumms oder einer Anstiegsverzögerung des Stroms von dem ersten Schaltgerät 4, wird durch den zweiten Addierer/Subtrahierer 113 ermittelt und an den Analog/Digitalwandler 114 weitergeleitet. Hierbei wird durch den Analog/Digitalwandler 114 die Differenz in ein Digitalsignal umgewandelt. Bei der vorliegenden Ausführungsform sind die Widerstände 101a bis 101c so ausgelegt, daß sie in einem Verhältnis von 1 : 2 : 4 stehen.

Daher verhalten sich die in den Widerständen 101a bis 101c fließenden Stromwerte wie 4 : 2 : 1. Da die Widerstandswerte der Widerstände 101a bis 101c so gewählt sind, daß sie Potenzen von 2 darstellen, wie voranstehend erläutert, können acht unterschiedliche Stromwerte entsprechend den Kombinationen der drei Ausgänge des Analog/Digitalwandlers 114 eingestellt werden, also als die Logiksignale, die an die zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c geschickt werden. Durch Änderung dieser Kombination wird der Strom, welcher der Differenz zwischen dem Strombefehlswert und dem momentanen Stromwert entspricht, durch die Widerstände 101a bis 101c geliefert.

Die Fig. 4(a) bis (e) zeigen die Betriebstakte der voranstehenden Ausführungsform, wobei Fig. 4(a) die Spannungssignalform des Arbeitsspaltes zeigt, Fig. 4(b) die Stromsignalform des Arbeitsspaltes zeigt, und ein schraffierter Bereich 129 durch den Strom kompensiert wird, der von der zweiten Bearbeitungsschaltung geliefert wird. Fig. 4(c) zeigt den Betriebstakt des ersten Schaltgerätes 4, und Fig. 4(d) stellt die Betriebstakte der

zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c dar. Fig. 4(e) zeigt die Einschalt/Ausschalt-Tabelle der zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c, welche eingeschaltet/ausgeschaltet werden, unter der Steuerung der Signale, die von den Logikschaltungen 115a bis 115c ausgegeben werden, wobei "1" angibt, daß das Schaltgerät eingeschaltet ist und "0" angibt, daß das Schaltgerät ausgeschaltet ist.

Zuerst sind in einem Zustand, in welchem die Spannung an den Arbeitsspalt vor dem Beginn der Entladung angelegt wird, das erste Schaltgerät 4 und die zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c sämtlich eingeschaltet.

Wenn der Beginn der Entladung bei 124 in Fig. 4(a) festgestellt wird, so beginnt die Stromsignalform anzusteigen, wie in Fig. 4(b) gezeigt. Zum selben Zeitpunkt verringert sich der Strom infolge der Widerstände 101a bis 101c. Daher werden die zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c ein/ausgeschaltet (auf geeignete Weise, so daß die Stromkomponente entsprechend der Differenz zwischen dem Strombefehlswert und dem momentanen Stromwert infolge der Verzögerung des Anstiegs des Stroms des ersten Schaltgerätes 4 kompensiert wird), wie beispielsweise in Fig. 4(e) gezeigt, um den von den Widerständen 101a bis 101c gelieferten Strom zu verringern. Wenn der Stromwert beinahe den Befehlswert erreicht hat, übersteigt der Strom von dem ersten Schaltgerät 4 den oberen Schwellenwert 118a, wodurch das erste Schaltgerät 4 ausgeschaltet wird (Takt 131 in Fig. 4(c)). Dann beginnt der Strom von dem ersten Schaltgerät 4 in Richtung auf den unteren Schwellenwert 118b abzusinken.

Der hier erzeugte Brumm wird durch den zweiten Addierer/Subtrahierer 113 in Fig. 1 ermittelt, und die zweiten Schaltgeräte 110a bis 100c werden selektiv durch den Analog/Digitalwandler 114 eingeschaltet, was die Widerstände 101a bis 101c dazu veranlaßt, den Strom zu liefern, welcher den Strombrumm kompensiert. Obwohl Fig. 4(d) ein Beispiel dafür zeigt, daß nur das Schaltgerät 100a ein/ausgeschaltet wird, um den Brumm zu kompensieren, werden selbstverständlich auch die anderen Widerstände ausgewählt, wenn der Brumm erheblich größer ist. Wenn ein zweites Schaltgerät und ein Widerstand, also ein Widerstand, der ein Verhältnis des Widerstandswertes entsprechend von 0,5 bezüglich 101a bis 101c vorgesehen sind, um eine kleinere Stromkompensation durchzuführen, so wird die Stromkompensation durch mehrere Schaltgeräte durchgeführt, und der Brumm weiter verringert.

Stromsignalformen für kleine Stromeinstellwerte sind in den Fig. 2(b) bis 2(d) gezeigt. Wenn in Fig. 2(b) der Stromeinstellwert klein ist, so ist der Betrieb identisch mit dem für einen großen Stromwert wie in Fig. 2(a). Fig. 2(c) zeigt, daß der Stromeinstellwert noch kleiner ist, und unterhalb eines Schaltschwellenwertbereiches liegt. Die Schaltschwellenwerte sind durch 132a und 132b bezeichnet. Wenn der durch 132b bezeichnete untere Schwellenwert so eingestellt wurde, daß er von dem Stromspitzenwert um einen vorbestimmten Wert schrittweise verringert wurde, kann er niedriger als "0" sein, wie durch die gestrichelte Linie in Fig. 2(c) angedeutet ist. In diesem Fall kann der untere Schwellenwert, der ursprünglich 132b ist, für die Steuerung der Regelung auf 132c geändert werden. Da zu diesem Zeitpunkt der Schwellenwertbereich klein ist, ist die Schaltfrequenz des ersten Schaltgerätes 4 höher, verglichen mit der Schaltfrequenz in den Fig. 2(a) und (b).

Wenn die Schaltfrequenz ansteigt, steigen Verluste infolge des Schaltens im Falle eines Halbleiterverstärkers an. Daher läßt sich ein verlässlicherer Schaltungsbe-

trieb dadurch durchführen, daß die Einstellung, wie in Fig. 2(d) gezeigt, vorgenommen wird, statt den Schwellenwertbereich willkürlich zu verringern, um die Schaltfrequenz zu erhöhen. Daher wird bei der kleinen Strom-einstellung unterhalb des Schaltschwellenwertbereiches das erste Schaltgerät 4 ausgeschaltet gehalten, und der Strom wird nur von der zweiten Bearbeitungsschaltung geliefert, die durch die Reihenschaltungen der zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c und der Widerstände 101a bis 101c gebildet wird. Da der Stromeinstellwert zu diesem Zeitpunkt klein ist, stellt die Verringerung des Stromversorgungswirkungsgrads, die sich deswegen ergibt, da die Stromversorgungsschaltsteuerung oder -regelung nicht verwendet wird, kein großes Problem dar.

Es gibt eine weitere Schwierigkeit in bezug auf die Einstellung des Schaltschwellenwertes. Fig. 3 zeigt, daß ein oberer Schaltschwellenwert 333b kleiner ist als ein eingestellter Stromspitzenwert 134a. Die vorliegende Erfindung wurde auf der Grundlage der Annahme beschrieben, daß beide auf denselben Wert eingestellt sind. Der Koeffizient des Signalwandlers 105 in Fig. 1 beträgt nämlich "1", und es wird keine Umwandlung durchgeführt.

Wenn der obere Schwellenwert für das Schalten an den Spitzenwert des Strombefehlswertes angepaßt ist, tritt eine Zeitverzögerung auf, bis der Strom abzusinken beginnt, da das Schalten tatsächlich ausgeführt wird, nachdem der Strom den oberen Schwellenwert überschritten hat. Kurz gesagt fließt ein Schaltstrom oberhalb des oberen Schwellenwertes. Während die Verringerung des Schaltstroms unterhalb des Strombefehlswertes bei 134b durch die zweite Bearbeitungsschaltung kompensiert wird, die durch die Reihenschaltungen der zweiten Schaltgeräten 100a bis 100c und der Widerstände 101a bis 101c gebildet wird, kann der überschüssige Schaltstrom nicht kompensiert werden. Daher gibt es ein Verfahren, bei welchem der obere Schwellenwert niedriger gewählt wird als der Spitzenstrom des Strombefehlswertes, unter Berücksichtigung des Überschwingers des Stromwertes infolge der Schaltverzögerung. In Fig. 3 ist der Stromwert bei 134a höher als der obere Schwellenwert 133b. Wenn jedoch der obere Schwellenwert 133b geringfügig kleiner eingestellt wird als der Spitzenwert 104b des Strombefehls, überschreitet der Wert des Gesamtstroms nicht den Strombefehlswert.

Zwar wurde bei der voranstehenden Beschreibung als die Strombefehlsform ein Rechtecksignal verwendet, jedoch ist die Stromsignalform, die bei der elektrischen Erodierbearbeitung verwendet wird, nicht auf ein Rechtecksignal beschränkt. Es ist bekannt, daß die Verwendung einer Art einer Dreiecksstromsignalform mit wählbarer Anstiegsgeschwindigkeit, wie in Fig. 5 gezeigt, sehr gut einen Elektrodenverschleiß unterdrückt. Die vorliegende Ausführungsform erlaubt eine einfache Erzeugung einer derartigen Stromsignalform mit einer solchen wählbaren Form. Da der Energieversorgungswirkungsgrad selbstverständlich hoch ist, ist es einfach, die Abmessungen und die Kosten der Energieversorgung zu verringern, und zusätzlich hierzu kann eine exakte aktuelle Signalform als gewünschte Signalform zur Verfügung gestellt werden. In Fig. 5 wurden die Schaltschwellenwerte 135a und 135b so eingestellt, daß sie zu einer gewünschten Signalform 135a passen. Es ist nämlich der obere Schwellenwert 135a an die Signalform angepaßt, und der eingestellte untere Schwellenwert 135b liegt auf einem Wert, der um einen vorgegebenen Wert kleiner ist als der obere Schwellenwert 135a. Auf diese Weise kann eine Signalform einfach zur Verfü-

gung gestellt werden, die sich von dem Rechtecksignal unterscheidet.

Wie voranstehend beschrieben, verwendet die Energieversorgungsvorrichtung für die elektrische Erodiermaschine gemäß der ersten Ausführungsform eine geschaltete Energieversorgung mit hohem Energieversorgungswirkungsgrad, um einfach die gewünschte Verringerung der Abmessungen und der Kosten der Energieversorgung zu erzielen. Die Hinzufügung der Widerstandsschaltung zum Kompensieren des Strombrumms, der bei der geschalteten Energieversorgung auftritt, schaltet den Strombrumm aus und ermöglicht eine stabile Bearbeitung, selbst bei einem kleinen Strom.

Auf der Grundlage von Fig. 6 wird nachstehend eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Bei dieser Ausführungsform ist die zweite Bearbeitungsschaltung, die durch die mehreren Reihenschaltungen der zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c und der Widerstände 101a bis 101c gebildet wird und zur Stromkompensation bei der ersten Ausführungsform eingesetzt wird, durch eine zweite Bearbeitungsschaltung ersetzt, die aus einer Reihenschaltung eines FET 136 und eines Widerstands 137 besteht. Wie im Zusammenhang mit den Fig. 63 und 64 beschrieben wurde, welche den Stand der Technik zeigen, kann der FET 136 als einstellbarer Widerstand durch Änderung der Art der Steuerung betrieben werden. Wogegen die zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c nur zum Zwecke des Schaltens bei der ersten Ausführungsform verwendet wurden, gestattet es daher eine analoge Steuerung oder Regelung, daß die drei zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c und die drei Widerstände 101a bis 101c, die bei der ersten Ausführungsform vorgesehen sind, durch einen FET 136 und einen Begrenzungswiderstand 137 ersetzt werden, wie in Fig. 6 gezeigt. Der übrige Aufbau ist gleich dem bei der ersten Ausführungsform.

Da der FET 136 unter der Steuerung eines analogen Spannungssignals betrieben wird, ist der bei der ersten Ausführungsform erforderliche Analog/Digitalwandler 114 nicht erforderlich. Nachdem das Ausgangssignal des zweiten Subtrahierers 113 durch den Verstärker 139 verstärkt wurde, kann das Gate des FET 136 direkt getrieben werden. Hierdurch kann also die Anzahl der Bauteile verringert werden, und gleichzeitig läßt sich eine Stromkompensation durchführen, ohne daß das Analogsignal in ein Digitalsignal umgewandelt wird. Daher tritt eine sogenannte Stromkompensationsknappheit infolge eines Quantisierungsfehlers, wie in Fig. 4 bei der ersten Ausführungsform gezeigt, nicht auf. Eine nicht ausreichende Stromkomponente kann äußerst genau kompensiert werden.

Zusätzlich zum Schaltsteuerabschnitt, welcher das erste Schaltgerät 4 (die erste Bearbeitungsschaltung) bildet, gestattet die Konstantstromcharakteristik des FET 136 auch, daß die Kompensierungsschaltung (die zweite Bearbeitungsschaltung) einen konstanten Strom zur Verfügung stellt. Daher kann der an den Arbeitsspalt gelieferte Strom konstant gehalten werden, wodurch die Bearbeitung stabilisiert wird, und eine extrem vorzügliche Bearbeitungscharakteristik sichergestellt wird.

Darüber hinaus kann die Konstantstromcharakteristik des FET 136 die Stromreaktionsgeschwindigkeit erhöhen, verglichen mit dem Verfahren, bei welchem in der ersten Ausführungsform die Widerstände verwendet wurden, und hierdurch wird eine Bearbeitungsenergieversorgungsvorrichtung zur Verfügung gestellt, die hervorragende Eigenschaften sowohl bezüglich der Genauigkeit als auch des Brumms aufweist, in bezug auf

den Signalformbefehlswert.

Wenn der FET 136 verwendet wird, so sind der Treibertakt des Schaltgerätes 4 und die relevanten oberen und unteren Schwellenwerte ebenso wie bei der ersten Ausführungsform.

Eine Verwendung der geschalteten Energieversorgung, die wie voranstehend erläutert einen hohen Energieversorgungswirkungsgrad aufweist, führt dazu, daß die Energieversorgungsvorrichtung für die elektrische Erodiermaschine gemäß der zweiten Ausführungsform es einfach erreichen kann, daß die Abmessungen und die Kosten der Energieversorgung verringert sind. Darüber hinaus fügt die Zufügung der Halbleiterverstärkungsschaltung, welche den Strombrumm kompensiert, der bei der geschalteten Energieversorgung auftritt, zu einer Verringerung der Anzahl der Teile, so daß nur noch wenige Teile erforderlich sind, zum Ausschalten eines Strombrumms, und zur Lieferung eines stabilen Stroms, selbst im Falle eines kleinen Stroms. Darüber hinaus ist die Stromanstiegsgeschwindigkeit extrem hoch. Daher läßt sich für jeglichen Stromwert eine stabile Bearbeitung erzielen.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 7 bis 9 wird nachstehend eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Bei dieser Ausführungsform besteht eine erste Bearbeitungsschaltung aus einer Sammlerschaltung für elektrische Energie, die durch Reihenschaltung der Energieversorgung 5 und einer Hilfsenergieversorgung 28 gebildet wird, zur Zufuhr von Bearbeitungsenergie, sowie des ersten Schaltgerätes 4, des Stromdetektors 7, des Reaktors 22 und der ersten Diode 23 zum intermittierenden Liefern und Sammeln elektrischer Energie von der Energieversorgung 5, eines dritten Schaltgerätes 20, welches so angeschlossen ist, daß es den Arbeitsspalt mit einem Ausgangsstrom von der Sammlerschaltung für elektrische Energie versorgt, um den Ausgangsstrom an den Bearbeitungsspalt in gepulster Form anzulegen, und einer zweiten Diode 6, die so angeschlossen ist, daß sie an die Sammlerschaltung für elektrische Energie einen Reststrom zurückführt, der in dem Arbeitsspalt erzeugt wird, wenn das dritte Schaltgerät 20 ausgeschaltet wird.

Wie bei der ersten Ausführungsform bilden die mittleren Reihenschaltungen der Strombegrenzungswiderstände 101a bis 101c und der zweiten Schaltgeräte 100a bis 100c eine zweite Bearbeitungsschaltung. Diese zweite Bearbeitungsschaltung ist parallel zur ersten Bearbeitungsschaltung geschaltet, um den Arbeitsspalt mit einem Strom zu versorgen, der dem Strom von der ersten Bearbeitungsschaltung überlagert ist.

Unabhängig davon, ob ein Strom in dem Arbeitsspalt fließt oder nicht, fließt immer ein Strom in der Sammlerschaltung für elektrische Energie, und der Strom wird durch das dritte Schaltgerät 20 ein/ausgeschaltet. Daher verringert der Einsatz des Reaktors 22 die Zeiten, die mit dem Einschalten und Ausschalten des Stroms zusammenhängen, also die Anstiegszeit und die Abfallzeit des Stroms in dem Arbeitsspalt. Diese Anstiegs- und Abfallgeschwindigkeiten können diejenigen der geschalteten Energieversorgung gemäß der ersten und zweiten Ausführungsform überschreiten, welche nicht den Reaktor 22 verwenden, wodurch eine weiter stabilisierte Bearbeitung ermöglicht wird.

In Fig. 7 bezeichnet 29 einen Kondensator, und 141 einen Verstärker zur Erfassung des momentanen Wertes des in dem Reaktor 22 fließenden Stroms. 142 bezeichnet einen dritten Addierer/Subtrahierer, der eine Differenz zwischen dem Stromwert der Sammlerschaltung

für elektrische Energie und dem Strombefehlswert 104 bearbeitet, und 143 bezeichnet eine Logikschaltung, die ein Taktsignal zum Ein/Ausschalten des dritten Schaltgerätes 20 ausgibt, in Reaktion auf das ausgegebene Vorzeichen des Ausgangssignals 104. Die übrige Anordnung ist ebenso wie bei der ersten Ausführungsform und wird daher hier nicht erneut beschrieben. Darüber hinaus sind in Fig. 4 die Schaltgeräte 4, 20 sowie 100a bis 100c, die durch Schaltsymbole dargestellt sind, allgemeiner bezeichnet, und sind vollständig identisch mit den vorher in Fig. 6 gezeigten Schaltgeräten.

Fig. 8 zeigt die Taktbeziehung zwischen dem dritten Schaltgerät 20 und der Stromsignalform, wenn die vorliegende Ausführungsform zur Ausbildung eines Rechtecksignals verwendet wird. Bei der vorliegenden Ausführungsform werden obere und untere Schwellenwerte 145a, 145b zum Schalten auch während der Stoppzeit eingestellt, um einen Umlaufstrom 146 innerhalb eines vorgegebenen Bereiches zu halten. Der Vorteil besteht darin, daß dann, wenn ein nächster Impuls nach der Stoppzeit ansteigt, die Stromsignalform bis zum Befehlswert mit extrem hoher Geschwindigkeit ansteigen kann.

Fig. 9 ist ein Zeitablaufdiagramm eines Signals, welches sich von einem Rechtecksignal unterscheidet, beispielsweise einer Art eines Dreiecksignals. Zur absichtlichen Einstellung des Stromanstiegs, so daß dieser bei dieser Signalforn langsam ist, ist der Umlaufstrom 146 höher als der Strombefehlswert in der ursprünglichen Anstiegsstufe 147 der Stromsignalform gewählt. Daher wird in der Anfangsstufe das Schaltgerät so ausgeschaltet, wie dies bei 144 angedeutet ist, so daß der Strom nicht von der Umlaufschaltung an den Arbeitsspalt geliefert wird. Die gewünschte Signalforn kann dadurch zur Verfügung gestellt werden, daß von der Widerstandsschaltung der Strom geliefert wird, der für die Anfangsstufe der Stromsignalform erforderlich ist. Etwas derartiges ließe sich überhaupt nicht bei der konventionellen, geschalteten Schaltung und bei konventionellen Umlaufschaltungssystemen erreichen.

Eine Verwendung der geschalteten Energieversorgung, und auch das Vorsehen der Schaltung zum Umlaufen des Überschußstroms zur Energieversorgung, wie voranstehend beschrieben, führt dazu, daß die Energieversorgungsvorrichtung für die elektrische Erodiermaschine gemäß der dritten Ausführungsform einen extrem hohen Energieversorgungswirkungsgrad aufweist, und daher einfach die Abmessungen und die Kosten der Energieversorgung verringert werden können. Die Hinzufügung der Widerstandsschaltung, welche den Strombrumm kompensiert, der bei der geschalteten Energieversorgung auftritt, ermöglicht das Ausschalten eines Strombrumms, und die Durchführung einer stabilen Bearbeitung, selbst bei einem kleinen Strom. Die Hinzufügung der Umlaufschaltung stellt darüber hinaus sicher, daß die Bearbeitungsstrom-Impulsbreite exakt gesteuert werden kann, was zu einer stabilen und sehr gut reproduzierbaren Bearbeitung führt.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 10 bis 13 wird nachstehend eine vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. In Fig. 10 besteht eine erste Bearbeitungsschaltung aus einer Sammlerschaltung für elektrische Energie, die durch Reihenschaltung der Energieversorgung 5 und der Hilfsenergieversorgung 28 zur Zufuhr von Bearbeitungsenergie, sowie des ersten Schaltgerätes 4, des Stromdetektors 7, des Reaktors 22, des dritten Schaltgerätes 20 und der ersten Diode 23 zur intermittierenden Lieferung und zum Sam-

meln elektrischer Energie von der Energieversorgung 5, und der zweiten Diode 6 gebildet wird, die so angeschlossen ist, daß sie an die Sammlerschaltung für elektrische Energie einen Reststrom zurückführt, der in dem Arbeitsspalt erzeugt wird, wenn das dritte Schaltgerät 20 ausgeschaltet wird. Das dritte Schaltgerät 20 ist so angeschlossen, daß es den Arbeitsspalt mit einem Ausgangsstrom von der Sammlerschaltung für elektrische Energie versorgt, und den Ausgangsstrom an den Arbeitsspalt in gepulster Form liefert.

Wie bei der zweiten Ausführungsform bildet eine Serienschaltung eines FET 136 und eines Widerstands 137 eine zweite Bearbeitungsschaltung. Diese zweite Bearbeitungsschaltung ist parallel zur ersten Bearbeitungsschaltung geschaltet, um den Arbeitsspalt mit einem Strom zu versorgen, der dem Strom von der ersten Bearbeitungsschaltung überlagert ist.

Bei der Ausführungsform von Fig. 10 weist die Sammlerschaltung oder Speicherschaltung für elektrische Energie nicht die Hilfsenergieversorgung 28 auf, die für die in Fig. 7 gezeigte dritte Ausführungsform erforderlich war. Da der Stromanstieg der FET-Schaltung jedoch mit ausreichend hoher Geschwindigkeit erfolgen kann, muß ein Umlauf oder Kreislauf nicht kontinuierlich durchgeführt werden. Mit Hilfe des Hochgeschwindigkeitsbetriebs, der durch den FET durchgeführt wird, gestattet statt dessen das Weglassen der Umlauf-Hilfsenergieversorgung 28 eine weitere Verringerung der Abmessungen und der Kosten der Energieversorgung.

Fig. 11 zeigt den Betrieb der Schaltung gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Obwohl die Befehlssignalform rechteckig ist, fällt der Umlaufstromwert allmählich ab, wie durch 150 bezeichnet, da die Hilfsenergieversorgung 28 zur Zufuhr von Energie während der Stoppzeit nicht vorhanden ist. Der Rest des Umlaufstroms sowie der Hochgeschwindigkeitsbetrieb des FET stellen jedoch ausreichend hohe Anstiegs- und Abfallgeschwindigkeiten des Stroms zur Verfügung. In Fig. 11 bezeichnet 148a einen oberen Schwellenwert, und 148b einen unteren Schwellenwert.

Fig. 12 zeigt den Betrieb, der dann durchgeführt wird, wenn eine Art eines Dreiecksignals als Strombefehl verwendet wird. Während wie durch 153 angedeutet, der Umlaufstrom während der Stoppzeit absinkt, wird ein ausreichender Strom geliefert, da der Anstiegsstromwert des nächsten Impulses klein ist. In Fig. 12 bezeichnet 151a einen oberen Schwellenwert, und 151b einen unteren Schwellenwert.

Fig. 13 zeigt, daß der Umlaufstrom höher ist als der Anstiegsstromwert des Impulses. In diesem Fall liefert die FET-Schaltung solange den Strom, bis ein Umlaufstromwert 156 einen Strombefehlswert 155 überschreitet. Während der von dem FET gelieferte Strom hoch ist, ist die Zeit so kurz, daß die Gerätetemperatur nicht so weit ansteigt, daß bezüglich des Betriebs des Halbleiters eine Schwierigkeit entstehen könnte. Wie bei Fig. 6 bezüglich der zweiten Ausführungsform gezeigt, teilt sich der FET die Wärmemenge mit dem direkt eingeführten Widerstand, und daher besteht bezüglich der Temperaturlösung in der Hinsicht keine Schwierigkeit, einen Anstieg der Temperatur der FET-Vorrichtung zu verhindern. In diesem Fall wird die von dem FET verbrauchte Wärmeenergie in der gesamten Schaltung auf ein Minimum verringert, und die Schaltungsanordnung ist so vereinfacht, daß eine schnelle Reaktion und eine Lieferung des Stroms in Reaktion auf einen Befehl für eine wählbare Signalform ermöglicht werden.

Die Schaltung, die selbst so ausgelegt ist, daß sie eine Konstantstromschaltung bildet, stellt daher eine extrem stabile Bearbeitung sicher, selbst wenn ein Mikrostrom geliefert wird. In Fig. 13 bezeichnet 154a einen oberen Schwellenwert, und 154b einen unteren Schwellenwert.

Die Verwendung der geschalteten Energieversorgung, und das Vorsehen der Schaltung zum Umlaufenlassen des Überschußstroms zur Energieversorgung, wie voranstehend beschrieben, führen dazu, daß die Energieversorgungsvorrichtung für die elektrische Erodiermaschine gemäß der vierten Ausführungsform einen extrem hohen Energieversorgungswirkungsgrad aufweist, und hierdurch einfach die Abmessungen und die Kosten der Energieversorgung verringert werden können. Die Hinzufügung der Halbleiterverstärkerschaltung, welche den Strombrumm kompensiert, der bei einer geschalteten Energieversorgung auftritt, führt dazu, daß ein Strombrumm ausgeschaltet wird, und selbst im Falle eines kleinen Stroms eine stabile Bearbeitung durchgeführt werden kann. Weiterhin gestattet es die Halbleiterverstärkungsschaltung, daß die Stromanstiegsgeschwindigkeit ausreichend hoch ist, ohne daß eine Hilfsenergieversorgung in der Umlaufschaltung verwendet wird, so daß die Anzahl der Teile in der Schaltung verringert wird, und so eine Ausbildung der Schaltung bei geringen Kosten erzielt wird. Die Hinzufügung der Umlaufschaltung stellt darüber hinaus eine exakte Steuerung oder Regelung der Bearbeitungsstrom-Impulsbreite sicher, wodurch eine stabile und sehr gut reproduzierbare Bearbeitung erzielt werden.

Eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 14 und 17 beschrieben. In Fig. 14 wird die Bearbeitungsschaltung durch eine erste Stromquelle 157 und eine zweite Stromquelle 158 gebildet. Die erste Stromquelle 157 weist einen höheren Energieversorgungswirkungsgrad auf als die zweite Stromquelle 158, und die zweite Stromquelle 158 weist eine schnellere Reaktionszeit auf als die erste Stromquelle 157. Um die Eigenschaften der beiden Stromquellen am besten zu nutzen, und deren Nachteile auszugleichen, werden die an den Arbeitsspalt gelieferten Ströme bei der vorliegenden Ausführungsform einander überlagert.

In Fig. 14 bezeichnet die Bezugsziffer 102 einen Stromsignalforn-Befehlswert, 161 bezeichnet ein diesen repräsentierendes Signal, 162 bezeichnet eine Einstellschaltung, 174 bezeichnet eine Subtraktionsschaltung, welche den Wert von 81 von dem Befehlswertsignal 161 subtrahiert und das Subtraktionsergebnis als ein neues Befehlswertsignal 163 festlegt, 190 bezeichnet einen ersten Signal-Addierer/Subtrahierer, der eine Differenz zwischen dem Befehlswertsignal 163 und einem Signal 164 bearbeitet, welches einen von dem Stromdetektor 160 erfaßten Strom repräsentiert, der von der ersten Stromquelle 157 dem Arbeitsspalt zugeführt wird, 165 repräsentiert dessen Ausgangssignal, 166 bezeichnet eine erste Steuerschaltung, welche ein Signal 167 unter der Steuerung des Signals 165 ausgibt, um die erste Stromquelle 157 zu steuern, 171 bezeichnet einen zweiten Signal-Addierer/Subtrahierer, der eine Differenz zwischen dem Befehlswertsignal 161 und dem Signal 164 bearbeitet, 168 bezeichnet dessen Ausgangssignal, 169 bezeichnet eine zweite Steuerschaltung, die ein Signal 170 unter der Steuerung des Signals 168 ausgibt, um die zweite Stromquelle 158 zu steuern, und 161 repräsentiert ein Schaltgerät, durch welches die erste Stromquelle 157 eine Einschalt/Ausschaltsteuerung des Stroms durchführt, der von der zweiten Stromquelle 158

geliefert wird, mit vorbestimmtem Takt.

Anhand der Fig. 14 und 17 wird nachstehend der Betrieb der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. Das Signal 161, welches den Stromsignalform-Befehlswert repräsentiert, wird als Bezugsgröße (Referenz) verwendet, und dieser Bezugswert wird in zwei Werte unterteilt, die als die Befehlswerte an die jeweilige Stromquelle 157, 158 geschickt werden. Zu diesem Zeitpunkt wird der neue Befehlswert 163, der dadurch ermittelt wird, daß die Subtrahierschaltung 174 dazu veranlaßt wird, den Wert von $\delta 1$, der durch die Einstellschaltung 162 eingestellt wurde, von dem Bezugssignal 161 zu subtrahieren, an die erste Stromquelle 157 als der Befehlswert geschickt. Weiterhin wird eine Differenz zwischen dem Bezugs-Stromsignalformbefehlssignal 161 und dem Stromwert, der von der ersten Stromquelle 157 geliefert wird, also einer für die Bezugs-Stromsignalform unzureichenden Komponente, als der Befehlswert an die zweite Stromquelle 158 geschickt. Dies führt dazu, daß der unzureichende Stromwert für den Arbeitsspalt in der ersten Stromquelle 157 durch die zweite Stromquelle 158 geliefert wird, die eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit aufweist, wodurch ein stabiler Strom dem Arbeitsspalt zugeführt wird, um so eine stabile Bearbeitung zu erreichen.

Das Ergebnis der Subtraktion des Wertes von $\delta 1$ von dem Bezugsbefehlswert durch die Subtrahierschaltung 174 wurde als der Befehlswert für die erste Stromquelle 157 festgelegt, um in gewissem Ausmaß eine Stromknappheit zu erzeugen. Falls kein unzureichender Strom durch die zweite Stromquelle 158 kompensiert werden muß, und der Stromwert der ersten Stromquelle 157 höher ist als der Befehlswert der Bezugsstromsignalform, so kann durch die eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit aufweisende zweite Stromquelle 158 keine Kompensierung durchgeführt werden, so daß die Stromreaktion auf den Arbeitsspalt langsam ist, was zu einer instabilen Bearbeitung führt.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 15 und 18 wird nachstehend eine sechste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. In Fig. 15 besteht die Bearbeitungsschaltung aus der ersten Stromquelle 157 und der zweiten Stromquelle 158, wie bei der fünften Ausführungsform. Die erste Stromquelle 157 weist einen höheren Energieversorgungswirkungsgrad auf als die zweite Stromquelle 158, und die zweite Stromquelle 158 hat eine höhere Reaktionsgeschwindigkeit als die erste Stromquelle 157. Um die Merkmale der beiden Stromquellen am besten zu nutzen, und ihre Nachteile auszugleichen, werden ihre dem Arbeitsspalt zugeführten Ströme bei der vorliegenden Ausführungsform einander überlagert. In Fig. 15 bezeichnet 172 eine Einstellschaltung, und 173 bezeichnet eine Multiplizierschaltung, welche das Befehlswertsignal 161 mit einem Wert "k" multipliziert, der größer als "0" und nicht größer als "1" ist, und das Ergebnis der Multiplikation als ein neues Befehlswertsignal 163 festlegt. Die übrige Anordnung ist identisch wie bei der fünften Ausführungsform und wird hier nicht erneut beschrieben.

Anhand der Fig. 15 und 18 wird nunmehr der Betrieb der vorliegenden Ausführungsform erläutert. Der ursprüngliche Stromsignalformbefehlswert 102 und das Signal 161, welches diesen repräsentiert, werden als Bezugsgröße verwendet, und dieser Bezugswert wird in zwei Teile geteilt, die als die Befehlswerte an die jeweilige Stromquelle 157, 158 geliefert werden. Zu diesem Zeitpunkt wird das Ergebnis, welches dadurch ermittelt wurde, daß die Multiplizierschaltung 173 zum Multipli-

zieren des Bezugssignals 161 mit dem konstanten Verhältnis "k", welches größer als "0" und nicht größer als "1" ist, veranlaßt wurde, als der Befehlswert an die erste Stromquelle 157 geschickt. Weiterhin wird eine Differenz zwischen dem Bezugs-Stromsignalformbefehlssignal 161 und dem Stromwert, der von der ersten Stromquelle 157 geliefert wird, also einer für die Bezugsstromsignalform nicht ausreichenden Komponente, als der Befehlswert an die zweite Stromquelle 158 geliefert. Dies führt dazu, daß der unzureichende Stromwert für den Arbeitsspalt in der ersten Stromquelle 157 durch die zweite Stromquelle 158 geliefert wird, die eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit aufweist, wodurch ein stabiler Strom an den Arbeitsspalt geliefert wird, um so eine stabile Bearbeitung zu erreichen.

Das Ergebnis der Multiplikation des Bezugsbefehlswertes durch den Wert "k", der größer als "0" und nicht größer als "1" ist, mit Hilfe der Multiplizierschaltung 173, wurde als der Befehlswert für die erste Stromquelle 157 festgelegt, um in gewissem Ausmaß eine Stromknappheit zu erzeugen. Falls durch die zweite Stromquelle 158 kein nicht ausreichender Strom kompensiert werden muß, und der Stromwert der ersten Stromquelle 157 oberhalb des Befehlswertes der Bezugsstromsignalform liegt, so kann keine Kompensation durch die zweite Stromquelle 158 durchgeführt werden, die eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit aufweist, so daß daher die Stromreaktion auf den Arbeitsspalt langsam ist, was zu einer instabilen Bearbeitung führt. Falls die Bezugsstromsignalform 102 eine solche Form aufweist, daß sie in ihrer Mitte den Stromwert ändert, so veranlaßt die Multiplikation der Konstanten den Bezugswert dazu, entsprechend dem dann herrschenden Befehlstromwert geteilt zu werden, wodurch der hervorragende Energieversorgungswirkungsgrad der ersten Stromquelle 157 maximal ausgenutzt werden kann.

Eine Kombination der Energieversorgung, die ein Stromsteuer- oder Regelsystem aufweist, welches einen hohen Energieversorgungswirkungsgrad aufweist, und der Energieversorgung, die ein Stromsteuer- oder Regelsystem aufweist, welches eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit hat, wie voranstehend erläutert, führt dazu, daß die Energieversorgungsvorrichtung für die elektrische Erodiermaschine gemäß der fünften und sechsten Ausführungsformen eine Energieversorgung zur Verfügung stellt, die einen hohen Energieversorgungswirkungsgrad aufweist, und eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit, und keinen Strombrumm erzeugt, und dergleichen, wodurch eine stabile Bearbeitung durch eine kompakte, kostengünstige Energieversorgung erzielt wird.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 16 und 19 wird nachstehend eine siebte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. In Fig. 16 wird die Bearbeitungsschaltung durch die erste Stromquelle 157, die zweite Stromquelle 158 sowie eine dritte Stromquelle 175 so gebildet. Hierbei ist die dritte Stromquelle 175 so angeschlossen, daß sie einen Strom in einer der ersten Stromquelle 157 und der zweiten Stromquelle 158 relativ zum Arbeitsspalt entgegengesetzten Richtung liefert. Die erste Stromquelle 157 weist einen höheren Energieversorgungswirkungsgrad auf als die zweite Stromquelle 158 und die dritte Stromquelle 175, und die zweite Stromquelle 158 und die dritte Stromquelle 175 weisen eine höhere Reaktionsgeschwindigkeit auf als die erste Stromquelle 157.

Um die Eigenschaften der beiden Arten von Stromquellen optimal zu nutzen, und ihre Nachteile auszunut-

zen, werden ihre an den Arbeitsspalt gelieferten Ströme einander überlagert, und darüber hinaus negativ überlagert, um eine Überschußkomponente bei der vorliegenden Ausführungsform zu verringern. In Fig. 16 bezeichnet 177 einen ersten Signal-Addierer/Subtrahierer, der eine Bearbeitung und eine Ausgabe einer Differenz zwischen dem Befehlswertsignal 161 und dem Signal 164 durchführt, welches einen Strom repräsentiert, der von dem Stromdetektor 160 erfaßt und von der ersten Stromquelle 157 an den Arbeitsspalt geliefert wird, 166 bezeichnet eine erste Steuerschaltung, die das Signal 167 unter der Steuerung des Ausgangssignals des ersten Signal-Addierers/Subtrahierers 166 ausgibt, um die erste Stromquelle 157 zu steuern, 178 bezeichnet einen zweiten Signal-Addierer/Subtrahierer, der eine Differenz zwischen dem Befehlswertsignal 161 und dem Signal 164 bearbeitet, 179 bezeichnet dessen Ausgangssignal, und 180 bezeichnet eine zweite Steuerschaltung, welche Signale 170 und 176 unter der Steuerung des Signals 179 ausgibt, um die zweite bzw. dritte Stromquelle 158, 175 zu steuern.

Anhand von Fig. 19 wird nunmehr der Betrieb der vorliegenden Ausführungsform erläutert. Der Bezugsstromsignalformbefehlswert 102 dient auch als Strombefehlswert für die erste Stromquelle 157. Im Falle einer geschalteten Energieversorgung gemäß Fig. 16 weist die Stromsignalform, die an den Arbeitsspalt durch die erste Stromquelle 157 geliefert wird, eine in Fig. 15 durch 167a, 167b bezeichnete Signalform auf.

Hierbei unterscheidet sie sich von der Bezugsstromsignalform 102. Daher wird eine nicht ausreichende Komponente 170 an die zweite Stromquelle 158 als der Befehlswert geliefert, und es wird eine Überschußkomponente 176 an die dritte Stromquelle 175 als der Befehlswert geliefert. Da die dritte Stromquelle 175 eine entgegengesetzte Stromversorgungsrichtung aufweist, verglichen mit der ersten und zweiten Stromquelle 157, 158, kann die Differenz zwischen dem Befehlswert und dem momentanen Stromwert, die aus irgendeinem Grund in der ersten Stromquelle 157 erzeugt wird, durch die zweite und dritte Stromquelle 158, 175 kompensiert werden. Die durch diese Energieversorgungen, die hohe Reaktionsgeschwindigkeiten aufweisen, zur Verfügung gestellte Kompensation verbessert die Anstiegs- und Abfallgeschwindigkeiten des Stroms, der an den Arbeitsspalt geliefert wird, und führen zu einer extrem konstanten Ausbildung der Stromversorgung, wodurch die Bearbeitung stabilisiert und eine schnelle Bearbeitung erreicht wird.

Eine Kombination der Energieversorgung mit einem Stromsteuer- oder Regelsystem, welches einen hohen Energieversorgungswirkungsgrad aufweist, und der beiden Energieversorgungen, die ein Stromsteuer- oder Regelsystem aufweisen, welches wie voranstehend erläutert eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit aufweist, führt dazu, daß die Energieversorgungsvorrichtung für die elektrische Erodiermaschine gemäß der siebten Ausführungsform eine Energieversorgung zur Verfügung stellt, die einen hohen Energieversorgungswirkungsgrad und eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit aufweist, keinen Strombrumm und dergleichen erzeugt, und eine Energieversorgung erzielt, die ein einfaches Steuer- oder Regelschaltungssystem aufweist, wodurch eine stabile Bearbeitung mit einer kompakten, kostengünstigen Energieversorgung erzielt wird.

Unter Bezug auf die Fig. 20 bis 22 wird nachstehend eine achte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. In Fig. 20 ist ein Konstantstromver-

sorgungsabschnitt 200, der durch ein erstes Schaltgerät 201, eine erste Diode 204 und einen Reaktor 203 gebildet wird, mit einer Energieversorgung E0 verbunden, um eine Gleichspannung zu liefern, und gibt einen Strom an einen Einschalt/Ausschalt-Ausgangsstromabschnitt 210 aus. Der Konstantstromversorgungsabschnitt 200 besteht aus einem Spannungsabfallunterbrecher, der aus dem ersten Schaltgerät 201, der ersten Diode 204 und dem Reaktor 203 besteht, und zwischen seinen Eingang und seinen Ausgang ist eine zweite Diode 202 geschaltet. Weiterhin ist er mit einem Stromdetektor 205 versehen, der den Strom des Reaktors 203 erfaßt. Der Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitt 210 wird durch eine Reihenschaltung eines zweiten Schaltgerätes 211, einer dritten Diode 212 und einer Spannungsquelle 213 sowie durch eine vierte Diode 214 gebildet. Der Ausgang des Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitts 210 liefert Bearbeitungsenergie zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2, die in dem Dielektrikum vorgesehen sind, um eine elektrische Erodierbearbeitung, also eine Bearbeitung mit einer elektrischen Entladung, auszuführen.

Weiterhin weist diese Vorrichtung einen Komparator 232 auf, der ein Signal 209 eines Brummstromeinstellabschnitts 205 zu einem Signal 208 eines Ausgangsstrombefehlsabschnitts 230 hinzuaddiert, um ein sich ergebendes Additionssignal 216 mit dem Signal des Stromdetektors 205 zu vergleichen, der den Strom des Reaktors 203 in dem Konstantstromversorgungsabschnitt 200 erfaßt. Weiterhin weist diese Vorrichtung eine Gate-Treiberschaltung 206 auf, die das erste Schaltgerät 201 steuert, um den Ausgangsstrom des Konstantstromversorgungsabschnitts 200 auf einen vorbestimmten Stromwert zu steuern, und weist weiterhin eine Gate-Treiberschaltung 215 auf, welche das zweite Schaltgerät 211 ein/ausschaltet, um das Signal eines Entladungsbefehlsabschnitts 240 ein/auszuschalten, und so den Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitt 210 zu steuern.

Fig. 21(a) zeigt das Signal des Entladungsbefehlsabschnitts 240. Ein Impulssignal 260 schaltet das Schaltgerät 211 des Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitts 210 ein, um eine unbelastete Spannung 261 zwischen der Elektrode und dem Werkstück 2 anzulegen, wie in Fig. 21(b) gezeigt. Wenn daraufhin zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 eine Entladung auftritt, ändert sich die lastfreie Spannung so, daß sie eine Entladungsspannung wird, wie durch die Bezugsziffer 262 angedeutet ist.

Wenn die Entladung auftritt, fließt ein Strom von der Energieversorgung E0 zur Elektrode 1 und dem Werkstück 2 durch das erste Schaltgerät 201, den Reaktor 203, das zweite Schaltgerät 211 und die vierte Diode 214. Das Signal 208 in Fig. 21(c) bezeichnet das Signal von dem Ausgangsstrompegeleinstellabschnitt 230, welches synchron zum Beginn der Entladung ausgegeben wird. Mit 209 in Fig. 21(d) ist das Signal der Brummstromeinstelleinrichtung 250 bezeichnet, welches von der Brummstromeinstelleinrichtung 250 ausgegeben wird, ebenfalls synchronisiert mit dem Beginn der Entladung. Weiterhin ist mit 216 in Fig. 21(e) ein Signal bezeichnet, welches durch Addition des Signals 208 des Ausgangsstrompegeleinstellabschnitts 230 und des Signals 209 der Brummstromeinstellschaltung 250 erhalten wird (nachstehend als das Additionssignal bezeichnet).

Wenn die Entladung gestartet wird, steigt der Ausgangsstrom des Konstantstromversorgungsabschnitts 200 mit der Zeitkonstante der Induktivität des Reaktors 203 in der Schaltung an, und der Erfassungswert des

Ausgangsstroms ist so wie durch ein Signal 207 angegeben. Das Additionssignal 216 und der Stromdetektorwert 207 werden ständig verglichen. Wenn das Detektorsignal 207 unter das Additionssignal 216 absinkt, so gibt der Komparator 232 ein Signal aus, welches das erste Schaltgerät 201 eingeschaltet hält. Steigt das Detektorsignal 207 über das Additionssignal 216 an, so gibt der Komparator 232 ein Signal aus, welches das erste Schaltgerät 201 ausgeschaltet hält.

Nachstehend werden die Einzelheiten der Konstantstromsteuerung oder -regelung beschrieben. Fig. 22(a) zeigt vergrößert eine Signalform 263 in Fig. 21(e). Wenn der Stromwert kleiner ist als das Additionssignal 216, so steigt die Signalform weiter an, wie durch 264 angedeutet, und der Stromdetektorwert 207 steigt entsprechend der Zeitkonstante der Induktivität an. Das Additionssignal 216 ändert sich weiter, beginnend mit dem Beginn der Entladung. Wenn er die Signalform des Additionssignals 216 während seines Anstiegs kreuzt, wie bei 265 angedeutet, so sinkt der Stromdetektorwert 207 unter den Wert des Additionssignals 216 ab und wird ausgeschaltet. Daher wird ein Schalten so erzwungen, daß es in der Nähe des Stromdetektorwertes 207 wiederholt wird, und schließlich innerhalb eines Strombrummeinstellspitzenwertes 266 gehalten wird. Das Dreieckssignal, welches als Schwingungssignal für den Strombrummeinstellwert 209 bei der Beschreibung der vorliegenden Ausführungsform verwendet wurde, kann ein Rechtecksignal 267 oder eine Sinuswelle 268 sein, wie in Fig. 22(b) oder 22(c), um dieselbe Wirkung hervorzurufen.

Anhand der Fig. 23 bis 26 wird nachstehend eine neue Ausführungsform beschrieben. Eine Strombrummeinstelleinrichtung 210 in Fig. 23 weist einen V-f-Wandler auf, der das Signal des Strombefehlsabschnitts 230 in eine Frequenz umwandelt, (nachstehend als V-f-Wandlung bezeichnet), und ist so ausgelegt, daß sie das Signal 208 des Stromeinstellabschnitts 230 an den V-f-Wandler liefert, und ein Signal, welches sich aus der Addition der V-f-gewandelten Signals 209 und des Stromeinstellwertes 208 ergibt, an den Komparator 232 liefert, und ist weiterhin so ausgebildet, daß die Frequenz des Sendesignals 209 in Reaktion auf das Signal 208 des Stromeinstellabschnitts 230 geändert wird. Die übrige Anordnung ist identisch mit derer der achten Ausführungsform und wird hier nicht erneut beschrieben.

Fig. 24 zeigt ein Beispiel für die Charakteristik der V-f-Wandlung. Das Signal 208 des Stromeinstellabschnitts 230 und die Frequenz des Sendesignals 209 sind einander beinahe umgekehrt proportional. Die Frequenz des Stroms ist so voreingestellt, daß sie höher ist, wenn der Pegel des Signals 208 niedriger ist, und der Brumm ist auf ein Maximum eingestellt, wenn der Pegel des Signals 208 ein Maximum aufweist. Da es eine Grenze für die Frequenzantwort des ersten Schaltgerätes 201 gibt, wenn der Pegel des Signals 208 in gewissem Ausmaß absinkt, wird ein Maximalfrequenzwert f_{max} eingestellt, um einen Anstieg der Frequenz zu verhindern, wenn der Pegel des Signals 208 einen vorbestimmten Wert erreicht oder unter diesen absinkt. Entsprechend wird ein Minimalfrequenzwert f_{min} eingestellt, um zu verhindern, daß die Frequenz einen vorbestimmten Wert erreicht oder darüber hinaus ansteigt.

Fig. 25(a) zeigt den Additionsstrom 210 und das Stromdetektorsignal 207 zu einem Zeitpunkt, wenn der Stromspitzenwert hoch ist. Das Additionssignal 210 weist eine niedrige Frequenz auf, infolge des hohen Spitzenwertes und daher ist ein Schaltzyklus 271 des ersten Schaltgerätes 201 lang, wie in Fig. 25(b) gezeigt,

was entsprechend die Einschaltzeit und Ausschaltzeit erhöht, und einen Brumm ΔI_1 erhöht. Fig. 26(c) zeigt den Additionsstrom 216 und das Stromdetektorsignal 207 zu einem Zeitpunkt, wenn der Stromspitzenwert niedrig ist. Ist der Stromspitzenwert niedrig, so ist die Frequenz des Additionssignals 216 hoch, der Schaltzyklus 271 des ersten Schaltgerätes 201 ist kurz, wie in Fig. 25(d) gezeigt, und daher verringert sich die Einschaltzeit und die Ausschaltzeit, was einen Brumm ΔI_2 erhöht. Durch Modulieren der Frequenz des Additionssignals entsprechend dem Stromspitzenwert wie voranstehend beschrieben kann der Brumm verringert werden, wodurch schließlich eine gleichmäßige Bearbeitungsgenauigkeit zur Verfügung gestellt wird.

Anhand von Fig. 26 und 27 wird nunmehr eine zehnte Ausführungsform beschrieben. In Fig. 26 weist die Strombrummeinstelleinrichtung 270 eine Einrichtung zur Ausgabe eines Synchronisationssignals 273 auf. Dieses Synchronisationssignal 273 und ein Ausgangssignal 272 eines Komparators 232 werden an ein Gate angelegt, um das erste Schaltgerät 201 mit Hilfe eines Ausgangs 281 des Gates zu treiben. Das Gate besteht aus einer ersten NAND-Schaltung 276, die das Synchronisationssignal 273 empfängt, das von der Strombrummeinstelleinrichtung 270 ausgegeben wird, sowie das Ausgangssignal 272 des Komparators 272, einer zweiten NAND-Schaltung 277, die das Synchronisationssignal 273 und das Ausgangssignal 272 über Invertierer 285 empfängt, und aus einem RS-Flip-Flop 278, welches ein Ausgangssignal 279 der ersten NAND-Schaltung 276 an seiner Rücksetzklemme (reset) empfängt, und ein Ausgangssignal 280 der zweiten NAND-Schaltung 277 an seiner Setzklemme (set) empfängt. Die übrige Anordnung ist identisch mit der der neunten Ausführungsform und wird hier nicht erneut beschrieben.

Die Fig. 27(a) bis (g) zeigen ein Zeitablaufdiagramm bei der zehnten Ausführungsform, und anhand dieses Zeitablaufdiagramms wird nachstehend der Betrieb beschrieben. Fig. 27(a) zeigt ein Rechteck-Synchronisationssignal 273 von der Brummstrommeinstelleinrichtung 270, Fig. 27(b) zeigt ein Signal 209 von der Brummstrommeinstelleinrichtung 270, Fig. 27(c) zeigt das Detektorsignal 207 und das Additionssignal 216 der Stromsignalform, und Fig. 27(d) zeigt das Ausgangssignal 272 des Komparators 232. Wenn der Stromdetektorwert 207 das Additionssignal 216 überschreitet, wird der Ausgang des Komparators niedrig geschaltet, um das erste Schaltgerät 201 auszuschalten. Zum Zeitpunkt eines normalen Schaltens tritt allerdings Rauschen 274 auf, wie in Fig. 27(c) dargestellt.

Wie in Fig. 27(d) gezeigt, vergleicht daher der Komparator 232 ständig den Stromdetektorwert 207 und das Additionssignal 216, und vergleicht das Rauschen 274 und das Additionssignal 216, und in dem Ausgangssignal 272 des Komparators 232 tritt infolge des Einflusses des Rauschens 274 ein Einschalt/Ausschalt-Wiederholungsabschnitt 275 auf, der zu einem fehlerhaften Betrieb führt. Aus diesem Grunde werden, wie in den Fig. 27(e) und (f) gezeigt, das Ausgangssignal 272 des Komparators 232 und das Rechtecksynchronisationssignal 273 der Strombrummeinstelleinrichtung 270 der ersten NAND-Schaltung 276, dem Invertierer 285 und der zweiten NAND-Schaltung 277 eingegeben, und es werden die Ausgangssignale 279, 280 der ersten und zweiten NAND-Schaltung 276, 277 in das Flip-Flop 278 eingegeben, um das Flip-Flop 278 nur einmal in bezug auf den hohen und niedrigen Wert des Rechtecksignals zu invertieren, wodurch ein Schaltsignal 280 gemäß Fig. 27(g)

bereitgestellt werden kann, um einen instabilen Betrieb in dem Abschnitt des Rauschens 274 auszuschalten. Daher kann ein exakter Schaltbetrieb durchgeführt werden, wenn Rauschen 274 am Eingang des Komparators 232 anliegt.

Anhand der Fig. 28 bis 30 wird nachstehend eine elfte Ausführungsform beschrieben. Die Anordnung einer ersten Schaltung 290 und einer zweiten Schaltung 291 ist identisch wie bei der voranstehend beschriebenen Schaltung gemäß der achten Ausführungsform, und wird hier nicht erneut beschrieben. In Fig. 28 sind die erste Schaltung 290 und die zweite Schaltung 291 parallel zum Arbeitsspalt geschaltet, und sind mit einer Detektoreinrichtung 205 versehen, welche den Ausgangsstrom des ersten Konstantstromversorgungsabschnitts 200 ermittelt, sowie mit einer Detektoreinrichtung 305, welche den Ausgangsstrom eines zweiten Konstantstromversorgungsabschnitts 300 feststellt. Das Ausgangssignal der Ausgangsstrompegel-einstelleinrichtung 230, welches die Befehlsvorgabe für die Ausgangsströme der ersten und zweiten Konstantstromversorgungsabschnitte bildet, wird zum Signal der ersten Brummstromeinstelleinrichtung 250 addiert (nachstehend als erstes Additionssignal 351 bezeichnet), welches die Befehlsvorgabe für den Brummstrom des Ausgangsstroms des ersten Konstantstromversorgungsabschnitts 200 bildet, und wird durch den ersten Komparator 232 mit dem Ausgangssignal der Detektoreinrichtung 205 verglichen (nachstehend als erstes Detektorsignal 352 bezeichnet), welcher den Ausgangsstrom des ersten Konstantstromversorgungsabschnitts 200 erfaßt.

Das Ausgangssignal der Detektoreinrichtung 305, welcher den Ausgangsstrom des zweiten Konstantstromversorgungsabschnitts 300 erfaßt, stellt ein zweites Detektorsignal 253 dar. Ein erstes Brummstromeinstellausgangssignal 250, welches die Befehlsvorgabe für den Brummstrom des Ausgangsstroms des ersten Konstantstromversorgungsabschnitts 200 darstellt, wird durch eine Invertiereinrichtung 354 invertiert. Der Einstellwert der Invertierungseinrichtung 354 ist ein um 180° phasenverschobener Wert. Der Einstellwert 208 der ersten/zweiten Ausgangsstrompegel-einstelleinrichtung wird zum Inversionssignal hinzuaddiert, und erzeugt ein zweites Additionssignal 355. Das Additionssignal 355 und der Detektorwert 353 der zweiten Detektoreinrichtung werden von einem zweiten Komparator 332 verglichen.

Nachstehend wird unter Bezugnahme auf ein Zeitablaufdiagramm der Fig. 29(a) bis (d) der Betrieb beschrieben. Fig. 29(a) zeigt ein Einschaltssignal (ON) für das zweite Schaltgerät 215 der ersten Konstantstromschaltung 200 und ein zweites Schaltgerät 315 der zweiten Konstantstromschaltung 300, welche unter der Steuerung eines Befehls 360 des Entladungsbefehlsabschnitts 240 eingeschaltet wird. Fig. 29(b) zeigt das Ausgangssignal 208, welches synchron zum Beginn der Entladung von der Ausgangsstrompegel-einstelleinrichtung 230 ausgegeben wird. Zu diesem Zeitpunkt ist das Ausgangsstrompegelsignal 208 auf einen Wert eingestellt, der etwa die Hälfte eines gewünschten Ausgangswertes beträgt. Fig. 29(c) zeigt das Detektorsignal 352 des ersten Konstantstromversorgungsabschnitts sowie das erste Additionssignal 351. Das erste Ausgangssignal 352 und das erste Additionssignal 351 werden von dem ersten Komparator 232 verglichen. Wenn das Detektorsignal 352 des ersten Konstantstromversorgungsabschnitts 200 niedriger ist als das erste Additionssignal 351, so wird durch die Gate-Treiberschaltung 206 das

erste Schaltgerät 201 eingeschaltet. Im Gegensatz hierzu wird, wenn das erste Ausgangssignal 352 höher ist als das erste Additionssignal 351, das erste Schaltgerät 201 durch die Gate-Treiberschaltung 206 ausgeschaltet.

Fig. 29(d) zeigt das zweite Ausgangssignal 353 und das zweite Additionssignal 355. Das zweite Ausgangssignal 353 und das zweite Additionssignal 355 werden von dem zweiten Komparator 332 verglichen. Wenn das zweite Ausgangsdetektorsignal 353 niedriger ist als das zweite Additionssignal 355, so wird das erste Schaltgerät 301 des zweiten Konstantstromversorgungsgerätes 300 durch eine Gate-Treiberschaltung 306 eingeschaltet. Im Gegensatz hierzu wird, wenn das zweite Ausgangssignal 353 höher ist als das zweite Additionssignal 355, das erste Schaltgerät 301 durch die Gate-Treiberschaltung 306 ausgeschaltet.

Fig. 30(a) zeigt einen Ausgangsstrom 362 der ersten Schaltung, und Fig. 30(b) zeigt einen Ausgangsstrom 363 der zweiten Schaltung. Um einen Fluß der Ausgangsströme der Schaltungen hervorzurufen, werden die Ausgänge der Konstantstromversorgungsabschnitte an den Spalt angelegt, der zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 gebildet wird, durch ihre jeweiligen zweiten Schaltgeräte 211, 311 entsprechend der gewünschten Impulsbreite, die durch einen Ausgang 360 des Entladungsbefehlsabschnitts 250 festgelegt wird. Da der Brumm des Ausgangssignals 352 des Konstantstromversorgungsabschnitts 200 in der ersten Schaltung 290 durch das Additionssignal 351 bestimmt wird, weist der Ausgangsstrom 362 der ersten Schaltung 290 eine Brummbreite ΔI_1 auf. Da das Ausgangssignal 353 des Konstantstromversorgungsabschnitts in der zweiten Schaltung 291 durch das zweite Additionssignal 355 gesteuert wird, welches um 180° gegenüber dem Additionssignal 351 phasenverschoben ist, welches den Brumm des Konstantstromversorgungsabschnitts 200 in der ersten Schaltung 290 steuert, ist der Brumm des Ausgangsstroms 363 der zweiten Schaltung 291, der in dem Arbeitsspalt fließt, um 180° phasenverschoben gegenüber dem Brumm des Ausgangsstroms 362 der ersten Schaltung.

Zu diesem Zeitpunkt weist der Brumm ΔI_2 des Ausgangsstroms 363 beinahe dieselbe Breite auf wie der Brumm ΔI_1 des ersten Ausgangsstroms. Daher stellt, wie in Fig. 30(c) gezeigt, ein Arbeitsspaltstrom 361, der in dem Arbeitsspalt fließt, einen Strom dar, der sich aus der Addition der Ausgangsströme 362 und 363 ergibt, und dient dazu, einen Offset der Brummanteile der Ausgangsströme 362 und 363 in bezug aufeinander zur Verfügung zu stellen, und daher wird ein Brumm ΔI_3 vergleichsweise äußerst gering. Dieses Schaltungssystem stellt einen Strom mit niedrigem Brumm zur Verfügung und liefert einen Entladungsstrom, der eine Form aufweist, die beinahe mit der Strompegelbefehlseinstellung identisch ist.

Anhand von Fig. 31 sowie 32(a) bis (c) wird nachstehend eine zwölfte Ausführungsform beschrieben. In Fig. 31 bezeichnet 400 einen Taktgeber, der in Fig. 32(b) gezeigtes Signal 401 ausgibt. Die übrige Anordnung ist im wesentlichen identisch mit der der achten Ausführungsform, mit der Ausnahme, daß die Brummstromeinstelleinrichtung 250 nicht vorhanden ist, und wird daher hier nicht erneut beschrieben.

Auf der Grundlage von Zeitablaufdiagrammen in Fig. 32(a) bis (c) wird nachstehend der Betrieb der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. In Fig. 32(a) bezeichnet 208 das Signal des Ausgangsstrompegel-einstellabschnitts 230, welches synchron zum Beginn der

Entladung ausgegeben wird. 401 in Fig. 32(b) bezeichnet das Ausgangssignal des Taktgebers 400.

Wenn die Entladung beginnt, steigt der Ausgangsstrom des Konstantstromversorgungsabschnitts 200 entsprechend der Zeitkonstante der Induktivität des Reaktors (der Drosselspule) 203 in der Schaltung an. Wenn das Detektorsignal 207 über das Signal 208 hinaus ansteigt, gibt der Komparator 232 ein Signal aus, welches das erste Schaltgerät 201 einschaltet. Wenn daraufhin ein vorbestimmter Zeitraum abgelaufen ist, gibt der Taktgeber 400 ein Signal aus, welches das erste Schaltgerät 201 einschaltet. Dann steigt das Detektorsignal 207 über das Signal 208 hinaus an, und der Komparator 232 gibt das Signal aus, welches das erste Schaltgerät 201 ausschaltet. Dies führt dazu, daß sich ein Stromdetektorwert ergibt, der durch das Signal 207 in Fig. 32(c) bezeichnet ist.

Wenn der Induktivitätswert des Reaktors (Drosselspule) 203 und die Einschalt/Ausschaltzeit des Taktgebers 400 geeignet ausgewählt sind, stellt auch dieses Schaltungssystem einen Strom mit niedrigem Brumm zur Verfügung, und liefert einen Entladungsstrom, dessen Form praktisch identisch mit der Strompegelbefehlseinstellung ist.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 33 bis 42 wird nachstehend eine dreizehnte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Fig. 33 ist ein Hauptschaltbild, welches die dreizehnte Ausführungsform zeigt, in welcher E1 eine erste Gleichstromenergieversorgung bezeichnet, und 201 ein erstes Schaltgerät bezeichnet, welches durch die Gate-Treiberschaltung 206 ein/ausgeschaltet wird. Der Reaktor 203 ist zwischen das erste Schaltgerät 201 und das zweite Schaltgerät 211 gelegt, und die Elektrode 1 und das Werkstück 2 sind an das zweite Schaltgerät 211 und die erste Gleichstromenergieversorgung E1 angeschlossen. Die erste Diode 202 ist zwischen den Verbindungspunkt des ersten Schaltgerätes 201 und des Reaktors 203 und der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 geschaltet, und die zweite Diode 204 ist zwischen den Verbindungspunkt der ersten Energieversorgung E1 und des ersten Schaltgerätes 201 sowie des Verbindungspunktes des Reaktors 203 und des zweiten Schaltgerätes 211 geschaltet, und zwar in einer Richtung, in welcher der Strom zur ersten Gleichstromenergieversorgung E1 fließt.

Eine Reihenschaltung der dritten Diode 212 und der Gleichstromenergieversorgung 213 ist zwischen die Seite der Elektrode 1 des zweiten Schaltgerätes 211 und die Negativspannungsseite der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 geschaltet. Der Stromdetektor 205 ist so angeschlossen, daß er den in dem Reaktor 203 fließenden Strom feststellt. Eine Reihenschaltung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2, die eine Spannung aufweist, die den Arbeitsspalt mit einer Spannung versorgen kann, die im wesentlichen kleiner oder gleich einer elektrischen Entladungsspannung ist, ein drittes Schaltgerät 501 sowie eine Diode 502 sind parallel zur ersten Diode 202 geschaltet. Dieses dritte Schaltgerät 501 wird durch eine Gate-Treiberschaltung 503 ein/ausgeschaltet.

Es wird darauf hingewiesen, daß bei dieser Ausführungsform das erste Schaltgerät 201, die erste Diode 202 und der Reaktor 203 den Konstantstromversorgungsabschnitt 200 bilden, und der Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitt 210 aus dem zweiten Schaltgerät 211 und einer Reihenschaltung aus der dritten Diode 212 und der Gleichstromenergieversorgung 213 besteht.

Fig. 34 zeigt eine Steuerschaltung der in Fig. 33 ge-

zeigten Gate-Treiberschaltungen 503, 206 und 215, wobei ein erster Komparator 504 einen Strombefehlswert S1 mit einem Stromdetektorwert I1 des Stromdetektors 205 vergleicht, und ein Signal an die Eingangsklemme einer Taktgeberschaltung 512 ausgibt. Ein zweiter Komparator 505 vergleicht einen Überstrombefehlswert 507, der dadurch zur Verfügung gestellt wird, daß eine Gleichspannung 506 in Reihe mit dem Strombefehlswert S1 geschaltet ist, mit dem Stromdetektorwert I1 des Stromdetektors 205, und gibt ein Signal an die Rücksetzklemme R eines ersten Flip-Flops 508 aus. Das Ausgangssignal des ersten Komparators 504 wird durch einen Invertierer 509 invertiert, und das Ergebnis der Invertierung ist mit der Setzklemme S des ersten Flip-Flops 508 verbunden.

Inzwischen schaltet ein elektrisches Entladungssignal H1, welches von einer NC-Vorrichtung ausgegeben wird, das zweite Schaltgerät 211 ein und aus, unter der Steuerung der Gate-Treiberschaltung 215. Der UND-Zustand des elektrischen Entladungssignals H1, des Ausgangs der Taktgeberschaltung 512, und des Ausgangs des ersten Flipflops 508 wird durch eine UND-Schaltung 511 ermittelt, um unter der Steuerung der Gate-Treiberschaltung 206 das erste Schaltgerät 201 ein/auszuschalten. Weiterhin wird der UND-Zustand des elektrischen Entladungssignals H1 und des Ausgangs des ersten Flip-Flops 508 durch eine UND-Schaltung 510 ermittelt, um unter der Steuerung der Gate-Treiberschaltung 503 das dritte Schaltgerät 501 ein/auszuschalten.

Die Fig. 35 und 36 zeigen bestimmte Beispiele für die Taktgeberschaltung 512 in Fig. 34. Bei dem Beispiel für die Taktgeberschaltung 512 von Fig. 35 ist der Ausgang des ersten Komparators 504 mit der Eingangsklemme IN verbunden. Ein MOSFET 512A schließt/öffnet einen Kondensator 512C in einer Zeitkonstantenschaltung, die durch einen Widerstand 512B und den Kondensator 512C gebildet wird. Wenn in Fig. 37, in welcher ein Eingangssignal (a) und ein Ausgangssignal (b) dieser Schaltung gezeigt sind, der Ausgang des ersten Komparators 504 an einem Punkt 600 in dem Eingangssignal (a) auf hohen Pegel geschaltet wird, schaltet der MOSFET 512A ein, um den Kondensator 512C zu schließen, wodurch das Ausgangssignal (b) auf niedrigen Pegel geschaltet wird.

Wenn der Ausgang (b) des ersten Komparators 504 an einem Punkt 601 in dem Eingang (a) auf niedrigen Pegel geschaltet wird, so schaltet der MOSFET 512A aus, um den Kondensator 512C zu öffnen, wodurch der Ausgang (d) die Schwelle eines Puffers 512D überschreitet, und an einem Punkt 602 auf hohen Pegel geschaltet wird, nach einem Zeitraum 603 bestimmter Länge, durch die Zeitkonstantenschaltung, die aus dem Widerstand 512B und dem Kondensator 512C besteht. Der Ausgang OUT wird auf niedrigen Pegel geschaltet, wenn der Ausgang des ersten Komparators 504 auf hohen Pegel geschaltet wird, und der Ausgang OUT wird um einen bestimmten Zeitraum nach dem Schalten des Ausgangs des ersten Komparators 504 auf niedrigen Pegel auf einen hohen Pegel geschaltet. Die Taktgeberschaltung 512 arbeitet auf die voranstehend beschriebene Weise. Bei dem Beispiel für die Taktgeberschaltung 512 von Fig. 36, welche durch eine Logikschaltung aus einem monostabilen Multivibrator 512E und einem Flip-Flop 512F gebildet wird, ist der Vorgang des Schaltens des Ausgangs OUT auf hohen Pegel nach der bei dem monostabilen Multivibrator 512E eingestellten Zeit identisch zu dem Vorgang von Fig. 37.

Zeitablaufdiagramme und Signalformdiagramme von Fig. 38 erläutern den Betrieb dieser dreizehnten Ausführungsform. In Fig. 38 zeigt (a) das elektrische Entladungssignal H1, (b) zeigt eine Ausgangsspannungssignalform, (c) zeigt die Signalform des Strombefehlswertes S1, welcher von einer (nicht gezeigten) Steuervorrichtung der elektrischen Erodiermaschine ausgegeben wird, (d) zeigt eine Ausgangsstromsignalform, (e) zeigt den Ein/Aus-Zustand des ersten Schaltgerätes 201, (f) zeigt den Ein/Aus-Zustand des dritten Schaltgerätes 501, (g) zeigt den Stromdurchgangszustand der Diode 202, (h) zeigt den Stromdurchgangszustand der Diode 502, (i) zeigt den Ausgangszustand des ersten Komparators 504, (k) zeigt den Ausgangszustand der Taktgeberschaltung 512, (l) zeigt den Ausgangszustand des ersten Flip-Flops 508, und (m) zeigt den Ausgangszustand des zweiten Komparators 505.

Wenn das elektrische Entladungssignal H1 an einem Punkt 700 in der Signalform (a) eingeschaltet wird, wird durch die Gate-Treiberschaltung 215 das zweite Schaltgerät 211 eingeschaltet. Da das erste Schaltgerät 201 in Fig. 33 zu diesem Zeitpunkt eingeschaltet ist, wie in (e) gezeigt, wird die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 zwischen die Elektrode 1 und das Werkstück 2 angelegt, wie bei (b) gezeigt. Der Spalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 ist mit einer dielektrischen Flüssigkeit gefüllt, beispielsweise Öl oder Wasser, und wird extrem genau durch einen Servomechanismus, eine NC-Vorrichtung, und dergleichen (nicht gezeigt) gesteuert. Wenn ein dielektrischer Durchbruch bei diesem extrem kleinen Spalt auftritt, wird zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 eine elektrische Entladung erzeugt. Dies ist durch 701 in der Signalform (a) angedeutet, und die Ausgangsspannung in (b) dient als elektrische Entladungsspannung 702. Diese elektrische Entladungsspannung ist zwischen annähernd 25 und 30 V praktisch konstant. Sobald die elektrische Entladung auftritt, beginnt der Strom zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 zu fließen. Der durch 703 in (d) bezeichnete Strom fließt durch die erste Gleichstromenergieversorgung E1, das erste Schaltgerät 201, den Reaktor (Drosselspule) 203 und das zweite Schaltgerät 211, und steigt schnell an, da die Spannung von annähernd 80 V der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 höher ist als die elektrische Entladungsspannung 702.

Wenn der Ausgangsstrom, also der Strom des Reaktors 203, den Strombefehlswert S1 erreicht hat, wird an einem Punkt 704, wie in (i) gezeigt, der Ausgang des ersten Komparators 504 auf einen hohen Pegel geschaltet. Daher wird gemäß (k) der Ausgang des Taktgebers 512 auf niedrigen Pegel geschaltet, und das erste Schaltgerät 201 ausgeschaltet, wie in (e) gezeigt. Wenn der Ausgang des ersten Komparators 504 auf hohen Pegel geschaltet wird, wird der Ausgang der Taktgeberschaltung 512 nur für einen vorbestimmten Zeitraum, der durch 705 in (k) bezeichnet ist, auf niedrigen Pegel geschaltet, und wird dann auf hohen Pegel geschaltet, wodurch das erste Schaltgerät 201 erneut eingeschaltet wird.

Während dieser voreingestellten Zeit der Taktgeberschaltung 512, also während des Zeitraum 705, wenn das erste Schaltgerät 201 ausgeschaltet ist, wird der Strom von der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 angelegt, über das bereits eingeschaltete, dritte Schaltgerät 501, die Diode 502 und den Reaktor 203. Da die zweite Gleichstromenergieversorgung E2 auf eine solche

Spannung eingestellt ist, daß diese ebenso groß ist wie oder geringfügig größer als die elektrische Entladungsspannung 702, verringert sich der Ausgangsstrom geringfügig, wie bei 707(d) angegeben. Dies erfolgt wegen der geringen Änderung der Stroms, infolge der verringerten Klemmenspannung des Reaktors 203. Dies wird wiederholt, um den Ausgangsstrom dazu zu veranlassen, dem Strombefehlswert S1 zu folgen, wie in (d) gezeigt.

Wenn der Strombefehlswert S1 einen bestimmten Wert erreicht, wie bei 703(c) angedeutet, so nimmt der Ausgangsstrom langsam ab, wie durch 709(d) angegeben, steigt dann jedoch schnell an, wie bei 710(d) gezeigt. Da der Zeitpunkt des Abfalls bei 709 die eingestellte Zeit des Taktgebers 512 wie bei 707 ist, fällt die Schaltfrequenz des ersten Schaltgerätes 201 nicht unter den Zeitraum 709 ab, wenn sich 710 an Null annähert. Da der durch 709 bezeichnete Strom langsam abnimmt, wird der Brumm des Ausgangsstroms gering. Durch Verbinden der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2, während das erste Schaltgerät 201 für einen bestimmten Zeitraum ausgeschaltet ist, kann daher eine Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine zur Verfügung gestellt werden, die eine Ausgangsstromsignalform mit geringen Brummanteilen zur Verfügung stellt.

Fig. 39 zeigt Signalformdiagramme und Zeitablaufdiagramme, die zur Beschreibung des Betriebs verwendet werden, in welchem ein Kurzschluß zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 während der Erzeugung einer elektrischen Entladung auftritt. Wenn ein Kurzschluß an einem Punkt 711 auftritt, wenn der elektrische Entladungsstrom wie in Fig. 38 fließt, so fällt die Ausgangsspannung (b) unter die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 ab, wodurch der Ausgangsstrom (d) ansteigt, wie durch 712 angegeben ist. Wenn dieser Strom, der auch den Strom des Reaktors 203 darstellt, ansteigt und den Überstromerfassungswert 507 erreicht, der durch 713(d) bezeichnet ist, wird der Ausgang des zweiten Komparators 505 auf einen hohen Pegel geschaltet, welcher den Stromdetektorwert I1 des Stromdetektors 205 mit dem Überstrombefehlswert 407 vergleicht, der sich aus der Addition der Spannung einer Gleichstromenergieversorgung 505 zum Strombefehlswert S1 ergibt.

Daher wird der Ausgang Q des ersten Flip-Flops 508 auf niedrigen Pegel geschaltet, und das dritte Schaltgerät 501 durch die UND-Schaltung 510 ausgeschaltet. Es wird darauf hingewiesen, daß zu diesem Zeitpunkt das erste Schaltgerät 201 bereits ausgeschaltet ist. Daher wird der Ausgangsstrom durch die zweite Diode 202, den Reaktor 203 und das zweite Schaltgerät 211 geliefert, und sinkt wie bei 714 angegeben ab. Wenn der Ausgangsstrom weiter absinkt, bis zum Strombefehlswert S1 herunter, wird der Ausgang des ersten Komparators 504 bei (i) an einem Punkt 715 auf niedrigen Pegel geschaltet, wodurch das von dem Invertierer 509 invertierte Signal den ersten Flip-Flop 508 so einstellt, daß der Ausgang Q auf hohen Pegel geschaltet wird. Hierdurch wird das dritte Schaltgerät 501 eingeschaltet, um so den Ausgangsstrom zu erhöhen. Wenn daher ein Kurzschluß zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 auftritt, nimmt daher der Ausgangsstrom zu und ab, zwischen dem Strombefehlswert S1 und dem Überstrombefehlswert 507, und steigt nicht wie ein (üblicher) Kurzschlußstrom rapide an, wodurch verhindert wird, daß die Elektrode 1 und das Werkstück 2 durch einen hohen Strom beschädigt werden.

Wenn aus irgendeinem Grund der Kurzschlußzustand überwunden ist, so kehrt die Ausgangsspannung zum elektrischen Entladungsstrom an einem Punkt 716 zurück, wie bei 717(b) gezeigt. Daher nimmt der Ausgangsstrom (d) scharf ab, und wenn er bis auf den Strombefehlswert S1 wie bei 718 gezeigt abgesunken ist, wird der Ausgang des ersten Komparators 504 auf niedrigen Pegel geschaltet, und das erste Flip-Flop 508 durch den Invertierer 509 gesetzt, worauf sein Ausgang Q auf hohen Pegel geschaltet wird, das dritte Schaltgerät 501 eingeschaltet wird, und der Ausgangsstrom langsam abnimmt, wie bei 719 gezeigt. Die Taktgeberschaltung 512 gibt ein niedrigpegeliges Signal während der eingestellten Zeit nach dem Schalten des Ausgangs des ersten Komparators 504 auf niedrigen Pegel ab, und kehrt zu ihrem Normalbetrieb zurück.

Fig. 40 zeigt eine Abänderung der Steuer- oder Regelschaltung für die in Fig. 34 gezeigten Gate-Treiberschaltungen 206, 215, 503 und erläutert ein Verfahren zum Hinzuzaddieren der Gleichspannung 506 der Schaltung in Fig. 34 zum Strombefehlswert S1 mit Hilfe eines Addierers 513, um den Überstrombefehlswert 507 zu ermitteln. Mit dieser Abänderung kann ein identischer Betrieb wie bei der Schaltung von Fig. 34 durchgeführt werden.

Fig. 41 stellt Signalformdiagramme dar, bei welchen tatsächliche Ausgangsströme gemessen wurden, wenn der Spitzenwert des Strombefehlswertes S1 35 Ampere bei der Vorrichtung gemäß der dreizehnten Ausführungsform betrug. (a) zeigt die Änderungen des Strombefehlswertes 51, dessen Spitzenwert 35 Ampere beträgt. (b) zeigt eine Signalform zu einem Zeitpunkt, wenn die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 80 V beträgt, und die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 0 Volt beträgt, (c) zeigt eine Signalform zu einem Zeitpunkt, wenn die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 80 V beträgt und die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 15 V beträgt, und (d) zeigt eine Signalform zu einem Zeitpunkt, wenn die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 80 V beträgt, und die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 30 V beträgt. Diese Diagramme zeigen, daß zwar dann, wenn die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 Null war, also bei der konventionellen Vorrichtung, bei welcher die zweite Gleichstromenergieversorgung E2 nicht vorhanden war, Brummanteile 604 von nahezu 16 Ampere auftraten, jedoch der Brumm extrem kleiner ist, wie bei (c), wo der Brumm 605 7 Ampere beträgt, wenn die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 15 V beträgt, und wie in (d), wo der Brumm 606 einen Wert von 2 Ampere aufweist, wenn die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 30 V beträgt.

Weiterhin zeigt Fig. 42 Signalformdiagramme, bei welchen tatsächliche Ausgangsströme gemessen wurden, wenn der Spitzenwert des Strombefehlswertes S1 10 Ampere bei der Vorrichtung gemäß dieser dreizehnten Ausführungsform betrug. (a) zeigt die Änderungen des Strombefehlswertes S1, dessen Spitzenwert 10 Ampere beträgt. (b) zeigt eine Signalform zu einem Zeitpunkt, wenn die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 80 V beträgt, und die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 0 V beträgt, (c) zeigt eine Signalform zu einem Zeitpunkt, an welchem die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 80 V beträgt, und die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 15 V beträgt, und (d)

zeigt eine Signalform zu einem Zeitpunkt, wenn die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 80 V beträgt, und die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 30 V beträgt. Diese Diagramme zeigen, daß zwar Brummanteile 604 von nahezu 10 Ampere auftraten, wenn die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 0 V betrug, jedoch die Brummanteile erheblich kleiner sind, etwa wie in (c) gezeigt, wo der Brumm 605 einen Wert von 5 Ampere aufweist, wenn die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 15 V beträgt, oder wie in (e), wo der Brummanteil 606 beinahe bei Null liegt, wenn die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 30 V beträgt.

Insbesondere in (b), wo der Ausgangsstromwert auf einer Vorderflanke 607 des Stroms Null ist, führt eine mit einer derartigen Signalform ausgeführte elektrische Erodierbearbeitung zum Stoppen der erzeugten elektrischen Entladung, was es nicht gestattet, die Stromsignalform des Befehlswertes (a) auszugeben. Wenn die zweite Gleichstromenergieversorgung E2 eine Spannung von 30 V aufweist, so kann eine Stromsignalform ähnlich dem Befehlswert zur Verfügung gestellt werden, wie bei 608 angedeutet, und die Brummanteile sind nahezu gleich Null, wie bei 606 angedeutet. Zwar wurden hier 30 V für die zweite Gleichstromenergieversorgung E2 ausgewählt, jedoch sind das dritte Schaltgerät 501, die Diode 502, der Gleichstromwiderstandswert des Reaktors (Drosselspule) 203 und die Einschaltspannung des zweiten Schaltgerätes 211 vorhanden, und daher ist tatsächlich eine Spannung, die einen Wert aufweist, der durch Subtrahieren der Einschaltspannung von den 30 V der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 erhalten wird, die Gleichspannungsquelle, welche den Strom zum Fließen zur Spannung über der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 veranlaßt. Es wird darauf hingewiesen, daß das angestrebte Ziel erreicht werden kann, wenn die an den Arbeitsspalt durch die zweite Gleichstromenergieversorgung E2 angelegte Spannung etwa 1 bis 2 V höher ist als die elektrische Entladungsspannung.

Unter Bezug auf die Fig. 43 bis 45 wird nachstehend eine vierzehnte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Fig. 43 ist ein Hauptschaltbild, welches die vierzehnte Ausführungsform zeigt, wobei E1 eine erste Gleichstromenergieversorgung bezeichnet, und 201 ein erstes Schaltgerät, welches durch die Gate-Treiberschaltung 206 ein/ausgeschaltet wird. Der Reaktor 203 ist zwischen das erste Schaltgerät 201 und das zweite Schaltgerät 211 geschaltet, und die Elektrode 1 und das Werkstück 2 sind mit dem zweiten Schaltgerät 211 und der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 verbunden. Die erste Diode 202 ist zwischen den Verbindungspunkt des ersten Schaltgerätes 201 und des Reaktors 203 und die erste Gleichstromenergieversorgung E1 geschaltet, und die zweite Diode 204 ist zwischen den Verbindungspunkt der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 und der ersten Schaltvorrichtung 201 und den Verbindungspunkt des Reaktors 203 und des zweiten Schaltgerätes 211 in der Richtung geschaltet, in welcher der Strom zur ersten Gleichstromenergieversorgung E1 fließt.

Eine Reihenschaltung der dritten Diode 212 und der Gleichstromenergieversorgung 213 ist zwischen die Elektrodenseite des zweiten Schaltgerätes 211 und die Negativspannungsseite der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 geschaltet. Der Stromdetektor 205 ist so angeschlossen, daß er den in dem Reaktor 203 fließenden Strom erfaßt. Eine Reihenschaltung der zweiten

bestimmten Wert erreicht, nimmt der Ausgangsstrom wie bei 709 gezeigt langsam ab, da das dritte Schaltgerät 501 eingeschaltet ist, jedoch steigt auch der Ausgangsstrom wie bei 721 gezeigt, langsam an, da die dritte Gleichstromenergieversorgung E3 verbunden ist, wenn das vierte Schaltgerät 514 eingeschaltet ist. Da die durch 709 bezeichnete Abfallzeit zu diesem Zeitpunkt die eingestellte Zeit der Taktgeberschaltung 512 ist, wie bei 707 dargestellt, und der Strom langsam ansteigt, beträgt die Schaltfrequenz etwa das Doppelte der Periode dieses Signals 709, sind die Brummanteile des Ausgangsstroms niedrig, und ist die Schaltfrequenz niedrig. Daher wird auf diese Weise eine Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine ausgebildet, welche eine Ausgangsstromsignalform mit geringem Brumm zur Verfügung stellt, wenn der Induktivitätswert des Reaktors (Drosselspule) 203 niedrig ist. Insbesondere wenn das Stromanstiegssignal H2 eingeschaltet wird, um den Strombefehlswert zu erhöhen, wird der Strom von der dritten Gleichstromenergieversorgung E3 geliefert, um den Ausgangsstrom weiter ansteigen zu lassen, wenn das erste Schaltgerät 201 ausgeschaltet wird, wodurch eine Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine zur Verfügung gestellt werden kann, welche eine Ausgangsstromsignalform mit geringem Brumm zur Verfügung stellt.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 46 bis 48 wird nachstehend eine fünfzehnte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Fig. 46 ist ein Hauptschaltbild der fünfzehnten Ausführungsform, in welcher E1 eine erste Gleichstromenergieversorgung bezeichnet, und 201 ein erstes Schaltgerät, welches durch die Gate-Treiberschaltung 206 ein/ausgeschaltet wird. Der Reaktor 203 ist zwischen das erste Schaltgerät 201 und das zweite Schaltgerät 211 geschaltet, und die Elektrode 1 und das Werkstück 2 sind an das zweite Schaltgerät 211 und die erste Gleichstromenergieversorgung angeschlossen. Die erste Diode 202 ist zwischen den Verbindungspunkt des ersten Schaltgerätes 201 und des Reaktors 203 und die erste Gleichstromenergieversorgung E1 geschaltet, und die zweite Diode 204 ist zwischen den Verbindungspunkt der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 und des ersten Schaltgerätes 201 und den Verbindungspunkt des Reaktors 203 und des zweiten Schaltgerätes 211 in der Richtung geschaltet, in welcher der Strom zur ersten Gleichstromenergieversorgung E1 fließt.

Eine Reihenschaltung der dritten Diode 212 und der Gleichstromenergieversorgung 213 ist zwischen die Seite der Elektrode 1 des zweiten Schaltgerätes 211 und die Negativspannungsseite der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 geschaltet. Der Stromdetektor 205 ist so angeschlossen, daß er den in dem Reaktor 203 fließenden Strom ermittelt. Eine Reihenschaltung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2, die eine Spannung aufweist, welche den Arbeitsspalt mit einer Spannung versorgen kann, die im wesentlichen gleich der elektrischen Entladungsspannung oder niedriger ist, des dritten Schaltgerätes 501 und der Diode 502 ist parallel zur ersten Diode 202 geschaltet. Dieses dritte Schaltgerät 501 wird durch die Gate-Treiberschaltung 503 ein/ausgeschaltet. Eine Reihenschaltung einer variablen vierten Gleichstromenergieversorgung E4, eines fünften Schaltgerätes 521 und einer Diode 522 ist parallel zur ersten Diode 202 geschaltet. Dieses fünfte Schaltgerät 521 wird durch eine Gate-Treiberschaltung 520 ein/ausgeschaltet.

Fig. 47 zeigt eine Steuer- oder Regelschaltung der in

Fig. 46 gezeigten Gate-Treiberschaltungen 503, 520, 206 und 215, wobei der erste Komparator den Strombefehlswert S1 und den Stromdetektorwert I1 des Stromdetektors 205 vergleicht, und ein Signal an die Eingangsklemme der Taktgeberschaltung 512 ausgibt. Der zweite Komparator 505 vergleicht den Überstrombefehlswert 507, der durch Verbindung der Gleichspannung 506 in Reihe mit dem Strombefehlswert S1 zur Verfügung gestellt wird, mit dem Stromdetektorwert I1 des Stromdetektors 205, und gibt ein Signal an die Rücksetzklemme R des ersten Flip-Flops 508 aus. Das Ausgangssignal des ersten Komparators 504 wird durch den Invertierer 509 invertiert, und das invertierte Ergebnis ist an die Setzklemme S des ersten Flip-Flops 508 angeschlossen.

Das elektrische Entladungssignal H1 schaltet unter der Steuerung der Gate-Treiberschaltung 215 das zweite Schaltgerät 211 ein/aus. Der UND-Zustand eines unbelasteten Spannungssignals H3 und des elektrischen Entladungssignals H1 wird durch eine UND-Schaltung 524 festgestellt, um unter der Steuerung der Gate-Treiberschaltung 206 das erste Schaltgerät 201 ein/auszuschalten. Der UND-Zustand des Ausgangs der Taktgeberschaltung 512, des elektrischen Entladungssignals H1 und des Ausgangs des ersten Flipflops 508 wird durch eine UND-Schaltung 523 festgestellt, um unter der Steuerung der Gate-Treiberschaltung 520 das fünfte Schaltgerät 521 ein/auszuschalten. Weiterhin wird der UND-Zustand des elektrischen Entladungssignals H1 und des Ausgangs des ersten Flip-Flops 508 durch die UND-Schaltung 510 festgestellt, um unter Steuerung der Gate-Treiberschaltung 503 das dritte Schaltgerät 501 ein/auszuschalten.

In Fig. 48 dargestellte Zeitablaufdiagramme und Signalformdiagramme zeigen den Betrieb dieser fünfzehnten Ausführungsform. In Fig. 48 zeigt (a) das elektrische Entladungssignal H1, (b) die Ausgangsspannungs-Signalform, (c) die Signalform des Strombefehlswertes S1, der von einer (nicht gezeigten) Steuervorrichtung der elektrischen Erodiermaschine ausgegeben wird, (d) die Ausgangsstrom-Signalform, (e) den Ein/Aus-Zustand des ersten Schaltgerätes 201, (f) den Ein/Aus-Zustand des dritten Schaltgerätes 501, (g) den Stromdurchlaßzustand der Diode 202, (h) den Stromdurchlaßzustand der Diode 502, (i) den Ausgangszustand des ersten Komparators 504, (j) das unbelastete Spannungssignal H3, (k) den Ausgangszustand der Taktgeberschaltung 512, (n) den Ein/Aus-Zustand des fünften Schaltgerätes 521, und (o) den Stromdurchgangszustand der Diode 522.

Wenn an einem Punkt 700 in Fig. 48(a) das elektrische Entladungssignal H1 eingeschaltet wird, so wird durch die Gate-Treiberschaltung 215 das zweite Schaltgerät 211 eingeschaltet. Auch das unbelastete Spannungssignal H3 wird am Punkt 700 eingeschaltet. Da das in Fig. 46 gezeigte, erste Schaltgerät 201 zu diesem Zeitpunkt eingeschaltet ist, wie bei (e) gezeigt, wird die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 zwischen die Elektrode 1 und das Werkstück 2 als unbelastete Spannung angelegt, wie in (b) gezeigt. Der Strombefehlswert S1 bei der vorliegenden Ausführungsform kann ebenfalls eine Signalform aufweisen, welche nur eine Befehlsvorgabe für den Spitzenwert des elektrischen Entladungsstroms vorgibt, wie in (c) gezeigt.

Der Spalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 ist mit dem dielektrischen Fluid gefüllt, beispielsweise Öl oder Wasser, und wird extrem exakt durch

einen Servomechanismus, eine NC-Vorrichtung, und dergleichen (nicht gezeigt), gesteuert. Wenn an diesem extrem schmalen Spalt ein dielektrischer Durchbruch auftritt, so wird zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 eine elektrische Entladung erzeugt. Dies ist bei 701 in Fig. 48 gezeigt, und die Ausgangsspannung in (b) dient als die elektrische Entladungsspannung 702. Diese elektrische Entladungsspannung ist zwischen 25 und 30 V annähernd konstant. Sobald die elektrische Entladung auftritt, beginnt der Strom zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 zu fließen, und das unbelastete Spannungssignal H3 wird auf niedrigen Pegel geschaltet, wie in (j) gezeigt. Daher, wie in (e) gezeigt, wird das erste Schaltgerät 201 abgeschaltet.

Da der durch 722(d) bezeichnete Ausgangsstrom durch die vierte Gleichstromenergieversorgung E4, das fünfte Schaltgerät 521, den Reaktor 203 und das zweite Schaltgerät 211 fließt, und die vierte Gleichstromenergieversorgung E4 sich auf der voreingestellten Spannung befindet (annähernd 25 bis 100 V), steigt der Ausgangsstrom auf der Vorderflanke des Ausgangsstroms an, wie bei 722(d) gezeigt, was durch eine Differenzspannung zwischen der Spannung der vierten Gleichstromenergieversorgung E4 und der Spannung über der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 bestimmt wird, und durch den Induktivitätswert des Reaktors (der Drosselspule) 203. Bei 723(d), wo angezeigt wird, daß die Spannung der vierten Gleichstromenergieversorgung E4 erhöht wurde, stellt die Änderung der Spannung der vierten Gleichstromenergieversorgung E4 die Vorderflanke des Ausgangsstroms mit einer gewünschten Steigung zur Verfügung. Da diese Vorderflanke des Ausgangsstroms keinen Brumm aufweist, wird selbst ein Ausgangsstrom auf einem niedrigen Pegel nicht auf Null gesetzt, um so eine stabile elektrische Erodierbearbeitung sicherzustellen.

Wenn daraufhin der Ausgangsstrom, also der Strom des Reaktors 203, den Strombefehlswert S1 erreicht hat, wird der Ausgang des ersten Komparators 504 an einem Punkt 724 auf einen hohen Pegel geschaltet, wie in (i) gezeigt. Daher wird der in (k) gezeigte Ausgang der Taktgeberschaltung 512 auf einen niedrigen Pegel geschaltet, und wird das fünfte Schaltgerät 521 ausgeschaltet, wie in (n) gezeigt. Wenn der Ausgang des ersten Komparators 504 auf niedrigen Pegel geschaltet wird, wird der Ausgang der Taktgeberschaltung 512 nur für einen vorbestimmten Zeitraum, der durch 705(k) bezeichnet ist, auf einen niedrigen Pegel geschaltet.

Während dieses vorbestimmten Zeitraums der Taktgeberschaltung 512, also während des Zeitraums 705, wenn das fünfte Schaltgerät 521 ausgeschaltet ist, ist das in (n) gezeigte, dritte Schaltgerät 501 bereits eingeschaltet, wodurch der Strom von der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 an den Ort zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 durch das dritte Schaltgerät 501, die Diode 502 und den Reaktor 203 geliefert wird. Da die Spannung der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 so gewählt ist, daß sie geringfügig niedriger ist als die elektrische Entladungsspannung 702, nimmt allmählich der Ausgangsstrom ab, wie bei 727 in (d) gezeigt. Dann wird an einem Punkt 726 der Ausgang der Taktgeberschaltung 512 auf einen hohen Pegel geschaltet, wodurch das fünfte Schaltgerät 521 erneut eingeschaltet wird, um den Strom zu erhöhen. Dies wird wiederholt, um den Ausgangsstrom dazu zu veranlassen, dem Strombefehlswert S1 zu folgen, wie in (d) gezeigt.

Bei dieser fünfzehnten Ausführungsform nimmt der Ausgangsstrom mit einer bestimmten Steigung zu, wie

bei 722 und 723 gezeigt, während des Stromanstiegs, um so keinen Brumm zu erzeugen, und das fünfte Schaltgerät 521 bleibt während dieses Zeitraums eingeschaltet, so daß kein Schalten erforderlich ist. Nach Erreichen des Befehlswertes nimmt der Ausgangsstrom langsam ab, wie bei 727 angedeutet, wobei die durch 727 bezeichnete Abnahmezeit die eingestellte Zeit der Taktgeberschaltung 512 ist, die durch 705 bezeichnet ist, die Schaltfrequenz etwa die Periode von 705 ist, die Brummanteile des Ausgangsstroms gering sind, und die Schaltfrequenz niedrig ist. Hierdurch läßt sich eine Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine zur Verfügung stellen, welche eine Ausgangsstromsignalform mit geringem Brumm zur Verfügung stellt, wenn der Induktivitätswert des Reaktors (der Drosselspule) 203 gering ist.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 49 bis 51 wird nachstehend eine sechzehnte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Fig. 49 ist ein Hauptschaltbild der sechzehnten Ausführungsform, bei welcher eine Reihenschaltung einer fünften Gleichstromenergieversorgung E5, eines sechsten Schaltgerätes 526 und eines Widerstandes 529 parallel zum Arbeitsspalt geschaltet ist, der durch die Elektrode 1 und das Werkstück bei der dreizehnten Ausführungsform gebildet wird. Das zweite Schaltgerät 211 ist mit einer Diode 527 versehen, um einen Stromfluß in falscher Richtung zu verhindern. Die fünfte Gleichstromenergieversorgung E5 sollte eine Spannung aufweisen, die den Arbeitsspalt mit einer Spannung versorgen kann, die höher ist als jene, welche die erste Gleichstromenergieversorgung liefert. Es wird darauf hingewiesen, daß 525 eine Gate-Treiberschaltung des Schaltgerätes 526 bezeichnet.

Fig. 50 zeigt eine Steuer- oder Regelschaltung der Gate-Treiberschaltungen 503, 206, 215 und 525 von Fig. 49, wobei der UND-Zustand eines Hochspannungsimpulssignals A4 und des elektrischen Entladungssignals H1 durch eine UND-Schaltung 528 ermittelt wird, um das sechste Schaltgerät 526 ein-/auszuschalten unter der Steuerung der Gate-Treiberschaltung 525 in der in Fig. 34 gezeigten Steuerschaltung gemäß der dreizehnten Ausführungsform. Es wird darauf hingewiesen, daß die sonstige Anordnung identisch mit der der in Fig. 34 gezeigten Steuerschaltung gemäß der dreizehnten Ausführungsform ist, und daher hier keine erneute Beschreibung erfolgt.

In Fig. 51 dargestellte Zeitablaufdiagramme und Signalfordmigramme zeigen den Betrieb dieser sechzehnten Ausführungsform. In Fig. 51 zeigt (a) das elektrische Entladungssignal H1, (b) die Ausgangsspannung, (d) den Ausgangsstrom, (e) den Ein/Aus-Zustand des ersten Schaltgerätes 201, (f) das Hochspannungsimpulssignal, und (g) den Ein/Aus-Zustand des sechsten Schaltgerätes 526. Wenn an einem Punkt 700 in Fig. 51(a) das elektrische Entladungssignal H1 eingeschaltet wird, so wird durch die Gate-Treiberschaltung 215 das Schaltgerät 211 eingeschaltet. Da zu diesem Zeitpunkt das Schaltgerät 201 in Fig. 49 eingeschaltet ist, wie in (e) gezeigt, wird die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 zwischen die Elektrode 1 und das Werkstück 2 als unbelastete Spannung angelegt, wie bei 728 in (b) angedeutet.

Der Spalt zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 ist mit dem dielektrischen Fluid gefüllt, beispielsweise Öl oder Wasser, und wird extrem exakt durch einen Servomechanismus, eine NC-Vorrichtung, und dergleichen (nicht gezeigt) gesteuert. Wenn bei diesem extrem kleinen Spalt ein dielektrischer Durchbruch auf-

tritt, wird zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 eine elektrische Entladung erzeugt. Manchmal allerdings tritt allerdings die elektrische Entladung nicht auf einfache Weise von selbst auf, was zu einem instabilen Zustand der Bearbeitung durch elektrische Entladung führt.

Um dies zu verhindern ist, wenn die elektrische Entladung nicht innerhalb der Zeitdauer 729 nach dem Einschalten des elektrischen Entladungssignals H1 auftritt, das Hochspannungsimpulssignal H4 vorgesehen, wie in (f) an einem Punkt 730 gezeigt, um das sechste Schaltgerät 526(g) einzuschalten, und hierdurch die Spannung der fünften Gleichstromenergieversorgung E5 auszugeben. Diese Spannung ist in (b) bei 731 gezeigt. Die tatsächliche Spannung der fünften Gleichstromenergieversorgung E5 beträgt immerhin 150 bis 300 V.

Nachdem die elektrische Entladung erzeugt wurde, wird an einem Punkt 701 der Hochspannungsimpuls H4 auf einen niedrigen Pegel geschaltet, um das sechste Schaltgerät 526 abzuschalten, wodurch die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 zwischen die Elektrode 1 und das Werkstück durch das bereits eingeschaltete erste Schaltgerät 201 geschaltet wird, und der Ausgangsstrom nimmt zu. In dem Moment, in welchem diese elektrische Entladung auftritt, fließt ein Strom in dem Widerstand 529, jedoch verbraucht der Widerstand 529 praktisch keine Leistung, da das sechste Schaltgerät 526 sofort abschaltet. Da die Spannung der Gleichstromenergieversorgung E5 von 150 bis 300 V höher ist als die Spannung der ersten Gleichstromenergieversorgung E1 von 80 V, tritt die elektrische Entladung verlässlich auf, was die Bearbeitung durch eine elektrische Entladung stabilisiert. Es wird darauf hingewiesen, daß die übrigen Betriebsabläufe identisch wie bei der dreizehnten Ausführungsform sind, und daher hier nicht erneut beschrieben werden.

Zwar wurde die vorliegende, sechzehnte Ausführungsform so beschrieben, daß die Vorrichtung verwendet wurde, in welcher die Reihenschaltung der fünften Gleichstromenergieversorgung E5, des sechsten Schaltgerätes 526 und des Widerstands 529 parallel zum Arbeitsspalt geschaltet wurde, der durch die Elektrode 1 und das Werkstück 2 bei der dreizehnten Ausführungsform gebildet wird, jedoch kann die Reihenschaltung der fünften Gleichstromenergieversorgung E5, des sechsten Schaltgerätes 526 und des Widerstands 529 auch parallel zum Arbeitsspalt geschaltet werden, der durch die Elektrode 1 und das Werkstück 2 bei der vierzehnten oder fünfzehnten Ausführungsform gebildet wird, um dieselben Wirkungen hervorzurufen. Selbstverständlich wird in diesem Fall die fünfte Gleichstromenergieversorgung E5 auf eine Spannung eingestellt, die höher ist als diejenige der anderen Gleichstromenergieversorgungen E1, E2, E3 und E4.

Unter Bezug auf Fig. 52 wird nachstehend eine siebzehnte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Fig. 52 ist ein Hauptschaltbild der siebzehnten Ausführungsform, bei welcher die zweite Gleichstromenergieversorgung E2, eine sechste Gleichstromenergieversorgung E6, eine siebte Gleichstromenergieversorgung E7, und eine achte Gleichstromenergieversorgung E8 in Reihe geschaltet sind, ein Ende der Reihenschaltung des dritten Schaltgerätes 501 und der Diode mit dem Verbindungspunkt der zweiten Gleichstromenergieversorgung E2 und der sechsten Gleichstromenergieversorgung E6 verbunden ist, und deren anderes Ende mit dem Verbindungspunkt des Reaktors (der Drosselspule) 203 und der Diode 202 verbunden ist.

Weiterhin ist ein Ende der Reihenschaltung des vierten Schaltgerätes 514 und der Diode 515 an den Verbindungspunkt der sechsten Gleichstromenergieversorgung E6 und der siebten Gleichstromenergieversorgung E7 angeschlossen, und ihr anderes Ende ist mit dem Verbindungspunkt des Reaktors 203 und der Diode 202 verbunden. Weiterhin ist ein Ende des ersten Schaltgerätes 201 an den Verbindungspunkt der siebten Gleichstromenergieversorgung E7 und der achten Gleichstromenergieversorgung E8 angeschlossen, und ihr anderes Ende ist mit dem Verbindungspunkt des Reaktors 203 und der Diode 202 verbunden. Darüber hinaus ist ein Ende der Reihenschaltung des sechsten Schaltgerätes 526 und des Widerstands 529 an ein Ende der achten Gleichstromenergieversorgung E8 angeschlossen, und ihr anderes Ende ist mit der Elektrode 1 (oder dem Werkstück 2) verbunden. Es wird darauf hingewiesen, daß in Fig. 52 die Bezugsziffer 527 eine Diode bezeichnet.

Da in der dreizehnten, vierzehnten und sechzehnten Ausführungsform die Beziehung der Spannung der ersten, zweiten, dritten und fünften Gleichstromenergieversorgung E1, E2, E3, E5 zur elektrischen Entladungsspannung so sind, daß $E5 > E1 > E3 \geq$ elektrische Entladungsspannung $\geq E2$ gilt, kann die Spannung der sechsten Gleichstromenergieversorgung E6 als "E3-E2" festgelegt werden, die der siebten Gleichstromenergieversorgung E7 als "E1-E6-E2", und die der achten Gleichstromenergieversorgung E8 als "E5-E7-E6-E2 = E5-E1". Im einzelnen betragen die Gleichspannungen E2, E6, E7 und E8 20 bis 30 V, 5 bis 15 V, 40 bis 50 V, bzw. 70 bis 230 V, so daß die verwendeten Gleichstromenergieversorgungen niedrige Spannungen aufweisen, und die Energieversorgungen mit hohem Wirkungsgrad eingesetzt werden können.

Wenn bei der vorliegenden Ausführungsform der Betriebsablauf der dreizehnten Ausführungsform durchgeführt werden soll, können das vierte Schaltgerät 514 und das sechste Schaltgerät 526 ausgeschaltet werden, und das erste Schaltgerät 201 und das dritte Schaltgerät 501 gesteuert ein/ausgeschaltet werden, wie bei der dreizehnten Ausführungsform. Wenn es gewünscht ist, einen Betrieb wie bei der vierzehnten Ausführungsform auszuführen, so kann das sechste Schaltgerät 526 ausgeschaltet werden, und das erste Schaltgerät 201, das dritte Schaltgerät 501 und das vierte Schaltgerät 514 gesteuert ein/ausgeschaltet werden, wie bei der vierzehnten Ausführungsform. Wenn es dagegen erwünscht ist, den Betrieb der sechzehnten Ausführungsform auszuführen, so kann das vierte Schaltgerät 514 ausgeschaltet werden, und das erste Schaltgerät 201, das dritte Schaltgerät 501 und das sechste Schaltgerät 526 gesteuert ein/ausgeschaltet werden, wie bei der sechzehnten Ausführungsform. Da die Einzelheiten dieser Betriebsabläufe sich anhand der bereits erfolgten Erläuterungen der Betriebsabläufe einfach verstehen lassen, wird dies hier nicht wiederholt.

Unter Bezugnahme auf Fig. 53 wird nachstehend eine achtzehnte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Fig. 53 ist ein Hauptschaltbild der achtzehnten Ausführungsform, und diese Ausführungsform stellt eine Kombination der vierzehnten und der sechzehnten Ausführungsform dar. Es ist nämlich die Reihenschaltung der dritten Gleichstromenergieversorgung E3, des vierten Schaltgerätes 514 und der Diode 515 bei der fünfzehnten Ausführungsform parallel zur ersten Diode 202 der sechzehnten Ausführungsform ge-

schaltet.

Der Betrieb dieser Ausführungsform folgt einfach aus der bereits erfolgten Schilderung des Betriebsablaufs, und wird daher hier nicht wiederholt.

Die als die Schaltgeräte bei der dreizehnten bis achtzehnten Ausführungsform verwendeten Transistoren können durch jede Vorrichtung verwirklicht werden, die elektrisch ein/ausgeschaltet werden kann, und können durch derartige Schaltgeräte wie MOSFETs, IGBTs sowie SITs ersetzt werden, mit denselben Wirkungen.

Die Komparatoren, Taktschaltungen, Flip-Flops, Befehlswerte, UND-Schaltungen und Invertierer, die auf Analogbasis als die Steuerschaltungen bei der achten bis siebzehnten Ausführungsform vorgesehen sind, können durch DPSs (digitale Signalprozessoren), Mikroprozessoren und dergleichen auf Digitalbasis ersetzt werden, um dieselben Wirkungen zu erzielen.

Es wird offensichtlich, daß die voranstehend beschriebene vorliegende Erfindung eine Energieversorgung zur Verfügung stellt, die einen hohen Energieversorgungswirkungsgrad aufweist, einen gewünschten elektrischen Entladungsstrom erzeugt, eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit aufweist, und extrem geringen Strombrumm zur Verfügung stellt. Insbesondere wird durch die vorliegende Erfindung eine kompakte, kostengünstige Energieversorgung zur Verfügung gestellt, welche eine stabile Bearbeitung sichert.

Die gesamte Offenbarung jeder ausländischen Patentanmeldung, deren Auslandspriorität in der vorliegenden Anmeldung beansprucht wurde, wird so durch Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung eingeschlossen, als wäre sie vollständig darin enthalten.

Zwar wurde die vorliegende Erfindung anhand zumindest einer bevorzugten Ausführungsform mit einem gewissen Ausmaß spezieller Einzelheiten beschrieben, jedoch wird darauf hingewiesen, daß die Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform nur beispielhaft erfolgte, und daß sich zahlreiche Änderungen der Einzelheiten und der Anordnung der Bauteile durchführen lassen, ohne von dem Wesen und Umfang der Erfindung abzuweichen, welche sich aus der Gesamtheit der vorliegenden Anmeldeunterlagen ergeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung eines Werkstücks unter Verwendung einer Energieversorgung und von Schaltern zum Zuführen impulsförmiger elektrischer Energie zu einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück in einem Dielektrikum, zur Bearbeitung des Werkstücks, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

Ein/Ausschalten der Schaltgeräte in einem wählbaren Zyklus unter der Steuerung eines Strombefehlswertsignals, welches einer wählbaren Signalform eines Stromimpulses entspricht, welcher dem Arbeitsspalt zugeführt werden soll;

Überlagerung einer Stromkomponente, um einen Strombrumm zu kompensieren, der durch das Schalten zum Zeitpunkt der Zufuhr des Stroms erzeugt wird, wobei die Stromkomponente der wählbaren Signalform eines Stromimpulses überlagert wird, um einen resultierenden Strom zu erzeugen; und Zufuhr des resultierenden Stroms zum Arbeitsspalt.

2. Verfahren zur Bearbeitung eines Werkstückes

nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromkomponente durch selektives Schalten mehrerer paralleler Widerstände zur Verfügung gestellt wird.

3. Verfahren zur Bearbeitung eines Werkstücks nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromkomponente durch selektive Betätigung eines analogen Schaltgerätes in Reihe mit zumindest einem Widerstand zur Verfügung gestellt wird.

4. Verfahren zur Bearbeitung eines Werkstücks nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin elektrische Energie gesammelt und intermittierend dem Arbeitsspalt zugeführt wird.

5. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine, zur Zufuhr elektrischer Energie mit vorbestimmter Impulsform zu einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück, gekennzeichnet durch:

eine erste Bearbeitungsschaltung, die eine Energieversorgung zur Erzeugung eines ersten Stroms und zur Zufuhr von Bearbeitungsenergie zu dem Arbeitsspalt aufweist, ein erstes Schaltgerät und einen ersten Widerstand, wobei die Energieversorgung, das erste Schaltgerät und der erste Widerstand in Reihe geschaltet sind;

eine Stromdetektoreinrichtung zur Erfassung des ersten Stroms, der in der ersten Bearbeitungsschaltung fließt;

eine zweite Bearbeitungsschaltung, die zumindest eine Reihenschaltung aufweist, welche zumindest eine zweite Schaltkreiseinrichtung aufweist und parallel zum ersten Schaltgerät und dem ersten Widerstand in der ersten Bearbeitungsschaltung geschaltet ist, um den Arbeitsspalt mit einem zweiten Strom zu versorgen, der dem ersten Strom von der ersten Bearbeitungsschaltung überlagert ist;

eine Einrichtung zum Einstellen eines Strombefehlswertsignals entsprechend der Signalform eines Stromimpulses, welcher dem Arbeitsspalt zugeführt werden soll;

eine erste Signal-Additions/Subtraktionseinrichtung zur Bearbeitung und Ausgabe einer Differenz zwischen zumindest einem Teil des Strombefehlswertsignals und einem Teil des Ausgangssignals von der Stromdetektoreinrichtung;

eine erste Steuereinrichtung zur Ausgabe eines Signals an das erste Schaltgerät in der ersten Bearbeitungsschaltung entsprechend dem Ausgangssignal der ersten Signal-Additions/Subtraktionseinrichtung;

eine zweite Signal-Additions/Subtraktionseinrichtung zur Bearbeitung und Ausgabe einer Differenz zwischen dem Strombefehlswertsignal und dem Ausgangssignal der Stromdetektoreinrichtung; und eine zweite Steuereinrichtung zur Ausgabe eines Signals an eine oder mehrere der zumindest einen zweiten Schaltkreiseinrichtungen in der zweiten Bearbeitungsschaltung entsprechend dem Ausgangssignal der zweiten Signal-Additions/Subtraktionseinrichtung.

6. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine zweite Schaltkreiseinrichtung eine Reihenschaltung aus einem zweiten Schaltgerät und einem zweiten Widerstand aufweist.

7. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 5, dadurch

gekennzeichnet, daß die zumindest eine zweite Schaltkreiseinrichtung einen Halbleiterverstärker aufweist.

8. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Bearbeitungsschaltung aufweist:

eine Sammlerschaltung für elektrische Energie, welche das erste Schaltgerät, eine Drosselspule und eine erste Diode umfaßt, die in Reihe geschaltet sind, um elektrische Energie von der Energieversorgung zu sammeln und intermittierend zu liefern; ein drittes Schaltgerät, welches zum Beliefern des Arbeitsspalt mit einem Ausgangsstrom von der Sammlerschaltung für elektrische Energie angeschlossen ist, um den Ausgangsstrom dem Arbeitsspalt impulsförmig zuzuführen; und eine zweite Diode, die so angeschlossen ist, daß sie an die Sammlerschaltung für elektrische Energie einen Reststrom zurückleitet, der in dem Arbeitsspalt erzeugt wird, wenn das dritte Schaltgerät ausgeschaltet wird.

9. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Bearbeitungsschaltung zumindest einen Halbleiterverstärker aufweist, der parallel zur Sammlerschaltung für elektrische Energie in der ersten Bearbeitungsschaltung geschaltet ist, um den Arbeitsspalt mit dem zweiten Strom zu versorgen.

10. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine zur Zufuhr impulsförmiger elektrischer Energie zu einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück, die in einem Dielektrikum vorgesehen sind, gekennzeichnet durch:

eine erste Stromquelle zum Liefern eines ersten Stroms zum Arbeitsspalt, wobei der Strom durch eine Impulsform und Reaktionsgeschwindigkeit definiert ist;

eine Stromdetektoreinrichtung zur Erfassung des ersten Stroms, der von der ersten Stromquelle zum Arbeitsspalt geliefert wird;

eine zweite Stromquelle, die parallel zur ersten Stromquelle geschaltet ist und so betreibbar ist, daß sie den Arbeitsspalt mit einem zweiten Strom versorgt, der dem ersten Strom überlagert ist, um einen resultierenden Strom zu bilden, wobei die zweite Stromquelle eine höhere Ausgangsstroms-Reaktionsgeschwindigkeit aufweist als die erste Stromquelle;

eine Einrichtung zum Einstellen eines Strombefehlswertsignals entsprechend der Signalforn des Stromimpulses, der an den Arbeitsspalt geliefert werden soll;

eine Arithmetikeinrichtung zum arithmetischen Modifizieren des Strombefehlswertsignals;

eine erste Steuereinrichtung zur Bereitstellung des Ausgangssignals der Arithmetikeinrichtung als ein Strombefehlswert an die erste Stromquelle; und

eine zweite Steuereinrichtung zur Ausgabe einer Differenz zwischen dem Strombefehlswertsignal und einem Ausgangssignal der Stromdetektoreinrichtung als der Strombefehl für die zweite Stromquelle.

11. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Arithmetikeinrichtung ei-

ne Einrichtung zum Subtrahieren eines vorbestimmten Wertes von dem Strombefehlswert aufweist.

12. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Arithmetikeinrichtung eine Einrichtung zum Multiplizieren eines vorbestimmten Wertes, der größer als 0 und nicht größer als 1 ist, mit dem Strombefehlswert aufweist.

13. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine zur Zufuhr eines impulsförmigen elektrischen Stroms zu einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück, gekennzeichnet durch:

eine erste Stromquelle zum Liefern eines Stromimpulses, der durch eine Ausgangsreaktionsgeschwindigkeit definiert ist, an den Arbeitsspalt;

eine Stromdetektoreinrichtung zur Erfassung eines Stroms, der an den Arbeitsspalt von der ersten Stromquelle geliefert wird;

eine zweite Stromquelle, die parallel zur ersten Stromquelle geschaltet ist, und so ausgebildet ist, daß sie den Arbeitsspalt mit einem Strom versorgt, der dem Strom von der ersten Stromquelle überlagert ist, und so ausgebildet ist, daß sie eine höhere Ausgangsstromsreaktionsgeschwindigkeit aufweist als die erste Stromquelle;

eine dritte Stromquelle, die parallel zur ersten Stromquelle geschaltet ist, und einen Strom in einer Richtung entgegengesetzt der Stromzufuhrrichtung der zweiten Stromquelle liefern kann, und eine höhere Ausgangsstromreaktionsgeschwindigkeit aufweist als die erste Stromquelle;

eine Einrichtung zur Einstellung eines Strombefehlswertsignals entsprechend der Signalforn des Stromimpulses, welcher dem Arbeitsspalt zugeführt werden soll;

eine erste Steuereinrichtung zur Ausgabe des Strombefehlswertsignals an die erste Stromquelle;

eine zweite Steuereinrichtung zur Ausgabe einer ersten Polaritätsdifferenz zwischen dem Strombefehlswertsignal und einem Stromsignal, welches von der Stromdetektoreinrichtung erfaßt wird, als Strombefehl für die zweite Stromquelle; und

eine dritte Steuereinrichtung zur Ausgabe einer zweiten Polaritätsdifferenz zwischen dem Strombefehlswertsignal und einem Stromsignal, welches von dem Stromdetektor erfaßt wird, als Strombefehl für die dritte Stromquelle.

14. Verfahren zum Steuern einer Energieversorgung für eine elektrische Erodiermaschine, die einen Konstantstromversorgungsabschnitt aufweist, der mit zumindest einem ersten Schaltgerät und einem Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschalt-Abschnitt versehen ist, der ein zweites Schaltgerät aufweist, um Bearbeitungsenergie einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück zuzufügen, welche in einem Dielektrikum vorgesehen sind, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

Einstellen des Ausgangsstrompegels und des Ausgangsstrombrumms des Konstantstromversorgungsabschnitts;

Festlegen des Additionsergebnisses des eingestellten Ausgangsstrompegels und des Ausgangsstrombrumms als Ausgangsstrombefehlssignal des Konstantstromversorgungsabschnitts, und Vergleichen des Ausgangsstrom-Befehlssignals mit dem Ausgangsstrom des Konstantstromversorgungsab-

schnitts; und

Steuern des Schaltgerätes des Konstantstromversorgungsabschnitts entsprechend dem Ergebnis des Vergleichsschrittes.

15. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine, gekennzeichnet durch:
einen Konstantstromversorgungsabschnitt, der zumindest ein erstes Schaltgerät und einen Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitt aufweist, der mit einem zweiten Schaltgerät versehen ist, um Bearbeitungsenergie einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück zuzuführen, die in einem Dielektrikum vorgesehen sind;
eine Detektoreinrichtung zur Erfassung des Ausgangsstroms des Konstantstromversorgungsabschnitts, und zur Ausgabe eines Erfassungswertes;
eine Ausgangsstrompegeleinrichtung zum Einstellen des Wertes des Ausgangsstrompegels des Konstantstromversorgungsabschnitts;
eine Brummstromeinstelleinrichtung zur Einstellung des Wertes des Ausgangsstrombrumms des Konstantstromversorgungsabschnitts;
eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen eines eingestellten Wertes, der durch Addieren des eingestellten Wertes der Brummstromeinstelleinrichtung zum eingestellten Wert der Ausgangsstrompegeleinrichtung erhalten wird, mit dem Erfassungswert der Detektoreinrichtung; und
eine Einrichtung zur Einschalt/Ausschaltsteuerung des ersten Schaltgerätes in dem Konstantstromversorgungsabschnitt entsprechend dem Vergleich der Vergleichseinrichtung.

16. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Brummstromeinstelleinrichtung eine Modulationseinrichtung aufweist, um die eingestellte Signalfrequenz des Brummstromeinstellwertes entsprechend dem Einstellwert der Ausgangsstrompegeleinrichtung zu modulieren.

17. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine, gekennzeichnet durch:
einen Konstantstromversorgungsabschnitt, der zumindest ein erstes Schaltgerät und einen Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitt aufweist, der mit einem zweiten Schaltgerät versehen ist, um Bearbeitungsenergie einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück zuzuführen, die in einem Dielektrikum vorgesehen sind;
eine Detektoreinrichtung zur Erfassung des Ausgangsstroms des Konstantstromversorgungsabschnitts;
eine Ausgangsstrompegeleinrichtung für eine Befehlsvorgabe des Ausgangsstrompegels des Konstantstromversorgungsabschnitts;
eine Brummstromeinstelleinrichtung zur Ausgabe eines Brummstromeinstellwert-Einstellsignals, um den Brumm des Ausgangsstroms des Konstantstromversorgungsabschnitts einzustellen;
eine Einrichtung zur Ausgabe eines Synchronisationssignals, welches mit dem Brummstromeinstellwert-Einstellsignal der Brummstromeinstelleinrichtung synchronisiert ist;
eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen eines eingestellten Wertes, der sich durch Addieren des eingestellten Wertes der Brummstromeinstelleinrichtung zum eingestellten Wert der Ausgangsstrompegeleinrichtung ergibt, mit dem De-

tektorwert der Detektoreinrichtung;

eine Gate-Einrichtung zum Empfang des Ausgangssignals der Vergleichseinrichtung und des Synchronisationssignals, um Rauschen auszuschalten, welches beim Ein/Ausschalten des ersten Schaltgerätes erzeugt wird; und

eine Einrichtung zur Einschalt/Ausschalt-Steuerung des ersten Schaltgerätes entsprechend dem Ausgangssignal der Gate-Einrichtung.

18. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine, gekennzeichnet durch:

Konstantstromversorgungsabschnitte, die zumindest erste Schaltgeräte und Ausgangsstrom-Einschalt/Ausgangsabschnitte aufweisen, die mit zweiten Schaltgeräten versehen sind, um Bearbeitungsenergie einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück zuzuführen, die sich in einem Dielektrikum befinden;

einen ersten Konstantstromversorgungsabschnitt;
einen zweiten Konstantstromversorgungsabschnitt;

eine erste Detektoreinrichtung zur Erfassung des Ausgangsstroms des ersten Konstantstromversorgungsabschnitts;

eine zweite Detektoreinrichtung zur Erfassung des Ausgangsstroms des zweiten Konstantstromversorgungsabschnitts;

eine Ausgangsstrompegeleinrichtung zur Einstellung der Ausgangsstrompegel des ersten und zweiten Konstantstromversorgungsabschnitts;
eine erste Brummstromeinstelleinrichtung zur Einstellung des Ausgangsstrombrumms des ersten Konstantstromversorgungsabschnitts;

eine zweite Brummstromeinstelleinrichtung zur Einstellung eines Einstellwertes, der um 180° gegenüber dem Einstellwert der ersten Brummstromeinstelleinrichtung phasenverschoben ist;

eine erste Vergleichseinrichtung zum Vergleichen eines Einstellwertes, der sich durch Addieren des Einstellwertes der ersten Brummstromeinstelleinrichtung zum Einstellwert für den ersten und zweiten Konstantstromversorgungsabschnitt für die Ausgangsstrompegeleinrichtung ergibt, mit dem Detektorwert der ersten Detektoreinrichtung;
eine zweite Vergleichseinrichtung zum Vergleichen eines Einstellwertes, der sich durch Addieren des Einstellwertes der zweiten Brummstromeinstelleinrichtung zum Einstellwert für den ersten und zweiten Konstantstromversorgungsabschnitt für die Ausgangsstrompegeleinrichtung ergibt, mit dem Detektorwert der zweiten Detektoreinrichtung; und

eine Einrichtung zur Einschalt/Ausschalt-Steuerung der ersten Schaltgeräte in dem ersten und zweiten Konstantstromversorgungsabschnitt entsprechend den Vergleichsergebnissen der ersten und zweiten Vergleichseinrichtung.

19. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine, gekennzeichnet durch:

einen Konstantstromversorgungsabschnitt, der zumindest ein erstes Schaltgerät und einen Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitt aufweist, der mit einem zweiten Schaltgerät versehen ist, um Bearbeitungsenergie einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück zuzuführen, die sich in einem Dielektrikum befinden;

eine Detektoreinrichtung zur Erfassung des Ausgangsstroms des Konstantstromversorgungsab-

schnitts;
 eine Ausgangsstrompegeleinrichtung zur Befehlsvorgabe des Ausgangsstrompegels des Konstantstromversorgungsabschnitts;
 eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen des Einstellwertes der Ausgangsstrompegeleinrichtung mit dem Detektorwert der Detektoreinrichtung, um ein Signal auszugeben, welches das erste Schaltgerät in dem Konstantstromversorgungsabschnitt entsprechend dem Ergebnis des Vergleichs ausschaltet;
 eine Taktgebereinrichtung zum Empfang des Vergleichs-Ausgangssignals der Vergleichseinrichtung und zur Ausgabe eines Signals, welches das erste Schaltgerät in dem Konstantstromversorgungsabschnitt einschaltet, wenn ein vorbestimmter Zeitraum verstreicht, nachdem die Vergleichseinrichtung ein Signal ausgegeben hat, welches das erste Schaltgerät in dem Konstantstromversorgungsabschnitt abschaltet; und
 eine Einrichtung zur Einschalt/Ausschalt-Steuerung des ersten Schaltgerätes entsprechend dem Ausgangssignal der Taktgebereinrichtung.

20. Verfahren zum Steuern einer Energieversorgung für eine elektrische Erodiermaschine, die einen Konstantstromversorgungsabschnitt mit einer ersten Gleichstromenergieversorgung aufweist, ein erstes Schaltgerät, eine Diode und eine Drosselspule, zur Zufuhr von Bearbeitungsenergie an einen Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück, die sich in einem dielektrischen Fluid befinden, gekennzeichnet durch folgende Schritte: Ein/Ausschalten des ersten Schaltgerätes in gewünschten Intervallen, um den Arbeitsspalt mit dem Strom zu versorgen, der einem Strombefehlswertsignal von der ersten Gleichstromenergieversorgung entspricht; und
 Addieren eines Stroms zum Unterdrücken der Abnahme des Ausgangsstroms, welche im ausgeschalteten Zeitraum des ersten Schaltgerätes auftritt.

21. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine, gekennzeichnet durch einen Konstantstromversorgungsabschnitt, der eine erste Gleichstromenergieversorgung aufweist, ein erstes Schaltgerät, welches an einen Pol der ersten Gleichstromenergieversorgung angeschlossen ist, eine Drosselspule, die in Reihe mit dem ersten Schaltgerät geschaltet ist, eine erste Diode, deren eines Ende an den anderen Pol der ersten Gleichstromenergieversorgung angeschlossen ist, und deren anderes Ende mit dem Verbindungspunkt des ersten Schaltgerätes und der Drosselspule verbunden ist, einen Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitt, der mit einem zweiten Schaltgerät versehen ist, um Bearbeitungsenergie einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück zuzuführen, die in einem dielektrischen Fluid angeordnet sind, eine Reihenschaltung aus einer zweiten Gleichstromenergieversorgung, welche eine Spannung aufweist, die den Arbeitsspalt mit einer Spannung versorgen kann, die im wesentlichen gleich einer elektrischen Entladungsspannung oder niedriger ist, ein drittes Schaltgerät und eine zweite Diode, die parallel zur ersten Diode des Konstantstromversorgungsabschnitts geschaltet sind.

22. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch:

eine erste Vergleichseinrichtung zum Vergleichen eines Strombefehlswertes mit einem Stromdetektorwert der Drosselspule, und zur Erzeugung eines invertierten Ausgangssignals;
 eine zweite Vergleichseinrichtung zum Vergleichen eines Überstrombefehlswertes mit dem Stromdetektorwert der Drosselspule;
 eine Taktgebereinrichtung, deren Eingang an den Ausgang der ersten Vergleichseinrichtung angeschlossen ist; und
 eine erste Zustandsspeichereinrichtung, die einen Rücksetzeingang aufweist, der an den Ausgang der zweiten Vergleichseinrichtung angeschlossen ist, sowie einen Setzeingang, der mit dem invertierten Ausgangssignal der ersten Vergleichseinrichtung verbunden ist;
 wobei das erste Schaltgerät durch das Produkt des Ausgangssignals der Taktgebereinrichtung, des Ausgangssignals der ersten Zustandsspeichereinrichtung und eines elektrischen Entladungssignals gesteuert wird, das dritte Schaltgerät durch das Produkt des Ausgangssignals der ersten Zustandsspeichereinrichtung und des elektrischen Entladungssignals gesteuert wird, und das zweite Schaltgerät durch das elektrische Entladungssignal gesteuert wird; und
 wobei das erste Schaltgerät für einen Zeitraum ausgeschaltet wird, der durch die Taktgebereinrichtung eingestellt wird, wenn der Stromdetektorwert der Drosselspule den Strombefehlswert überschreitet, und das dritte Schaltgerät ebenfalls ausgeschaltet wird, wenn der Stromdetektorwert der Drosselspule den Überstrombefehlswert überschreitet.

23. Verfahren zum Steuern oder Regeln einer Energieversorgung für eine elektrische Erodiermaschine, die einen Konstantstromversorgungsabschnitt aufweist, der eine erste Gleichstromenergieversorgung aufweist, ein erstes Schaltgerät, eine Diode und eine Drosselspule, zur Zufuhr von Bearbeitungsenergie an einen Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück, die in einem dielektrischen Fluid angeordnet sind, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
 Versorgen des Arbeitsspalt von einer zweiten Gleichstromenergieversorgung mit einer Spannung, die höher als eine elektrische Entladungsspannung ist, und niedriger als eine Spannung ist, die von der ersten Gleichstromenergieversorgung geliefert wird, und Ausschalten des ersten Schaltgerätes, wenn ein Ausgangsstrom auf einem vorbestimmten Strompegel liegt; und
 Ein/Ausschalten eines sich von dem ersten Schaltgerät unterscheidenden Schaltgerätes in gewünschten Intervallen, um den Strom von der zweiten Gleichstromenergieversorgung zu steuern.

24. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine, gekennzeichnet durch einen Konstantstromversorgungsabschnitt, der eine erste Gleichstromenergieversorgung aufweist, ein erstes Schaltgerät, welches an einen Pol der ersten Gleichstromenergieversorgung angeschlossen ist, eine Drosselspule, die in Reihe mit dem ersten Schaltgerät geschaltet ist, und eine Diode, deren eines Ende an den anderen Pol der ersten Gleichstromenergieversorgung angeschlossen ist, und deren anderes Ende an den Verbindungspunkt des ersten Schaltgerätes und der Drosselspule ange-

geschlossen ist, und einen Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitt, der mit einem zweiten Schaltgerät versehen ist, um Bearbeitungsenergie einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück zuzuführen, die in einem dielektrischen Fluid angeordnet sind, wobei eine Reihenschaltung einer zweiten Gleichstromenergieversorgung, die eine Spannung aufweist, welche den Arbeitsspalt mit einer Spannung versorgen kann, die im wesentlichen gleich einer elektrischen Entladungsspannung oder niedriger ist, eines dritten Schaltgerätes und einer Diode parallel zur Diode des Konstantstromversorgungsabschnitts geschaltet ist, und eine Reihenschaltung einer dritten Gleichstromenergieversorgung, die eine Spannung aufweist, die zum Versorgen des Arbeitsspalts mit einer Spannung ausreicht, die höher als die elektrische Entladungsspannung ist, und niedriger als eine Spannung, die von der ersten Gleichstromenergieversorgung geliefert wird, eines vierten Schaltgerätes und einer Diode parallel zur Diode des Konstantstromversorgungsabschnitts geschaltet ist.

25. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin eine erste Vergleichseinrichtung vorgesehen ist, um einen Strombefehlswert mit einem Stromdetektorwert der Drosselspule zu vergleichen und ein invertiertes Ausgangssignal zu erzeugen, eine zweite Vergleichseinrichtung zum Vergleichen eines Überstrombefehlswertes mit dem Stromdetektorwert der Drosselspule, eine Taktgebereinrichtung, deren Eingangsklemme an den Ausgang der ersten Vergleichseinrichtung angeschlossen ist, und eine erste Zustandsspeichereinrichtung, die eine Rücksetz-Eingangsklemme aufweist, die mit dem Ausgang der zweiten Vergleichseinrichtung verbunden ist, sowie eine Setz-Eingangsklemme, die an den invertierten Ausgang der ersten Vergleichseinrichtung angeschlossen ist;

wobei das vierte Schaltgerät durch das Ausgangssignal der Taktgebereinrichtung und ein Stromerhöhungssignal, das Ausgangssignal der ersten Zustandsspeichereinrichtung sowie ein elektrisches Entladungssignal gesteuert wird;

das erste Schaltgerät durch das Produkt des Ausgangssignals der Taktgebereinrichtung, des Stromanstiegsignals und des elektrischen Entladungssignals gesteuert wird;

das dritte Schaltgerät, durch das Produkt des Ausgangssignals der ersten Zustandsspeichereinrichtung und des elektrischen Entladungssignals gesteuert wird;

das zweite Schaltgerät durch das elektrische Entladungssignal gesteuert wird; und

darüber hinaus das vierte Schaltgerät für einen Zeitraum ausgeschaltet wird, der in der Taktgebereinrichtung eingestellt ist, wenn der Stromdetektorwert der Drosselspule den Strombefehlswert überschreitet, und auch das dritte und vierte Schaltgerät ausgeschaltet werden, wenn der Stromdetektorwert der Drosselspule den Überstrombefehlswert überschreitet.

26. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine, gekennzeichnet durch einen Konstantstromversorgungsabschnitt, der eine erste Gleichstromenergieversorgung aufweist, ein erstes Schaltgerät, welches an einen Pol der ersten

Gleichstromenergieversorgung angeschlossen ist, eine Drosselspule, die in Reihe mit dem ersten Schaltgerät geschaltet ist, sowie eine Diode, deren eines Ende an den anderen Pol der ersten Gleichstromenergieversorgung angeschlossen ist, und deren anderes Ende mit dem Verbindungspunkt des ersten Schaltgeräts und der Drosselspule verbunden ist, sowie einen Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitt aufweist, der mit einem zweiten Schaltgerät versehen ist, um Bearbeitungsenergie einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück zuzuführen, die in einem dielektrischen Fluid angeordnet sind, wobei die Vorrichtung weiterhin aufweist:

eine Reihenschaltung einer zweiten Gleichstromenergieversorgung, die eine Spannung aufweist, welche an den Arbeitsspalt eine Spannung liefern kann, die im wesentlichen gleich einer elektrischen Entladungsspannung oder niedriger ist, eines dritten Schaltgeräts und einer Diode, die parallel zur Diode des Konstantstromversorgungsabschnitts geschaltet sind; und

eine Reihenschaltung aus einer vierten Gleichstromenergieversorgung, welche eine Spannung ändern kann, einem vierten Schaltgerät und einer Diode, in Parallelschaltung zur Diode des Konstantstromversorgungsabschnitts.

27. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin vorgesehen sind:

eine erste Vergleichseinrichtung zum Vergleichen eines Strombefehlswertes mit einem Stromdetektorwert der Drosselspule;

eine zweite Vergleichseinrichtung zum Vergleichen eines Überstrombefehlswertes mit dem Stromdetektorwert der Drosselspule;

eine Taktgebereinrichtung, die eine Eingangsklemme aufweist, die mit dem Ausgang der ersten Vergleichseinrichtung verbunden ist; und

eine erste Zustandsspeichereinrichtung, die eine Rücksetzeingangsklemme aufweist, die mit dem Ausgang der zweiten Vergleichseinrichtung verbunden ist, sowie eine Setzeingangsklemme, die an den invertierten Ausgang der ersten Vergleichseinrichtung angeschlossen ist;

wobei das vierte Schaltgerät durch das Produkt des Ausgangssignals der Taktgebereinrichtung, des Ausgangssignals der ersten Zustandsspeichereinrichtung und eines elektrischen Entladungssignals gesteuert wird, das erste Schaltgerät durch das Produkt eines unbelasteten Spannungssignals und des elektrischen Entladungssignals gesteuert wird, das dritte Schaltgerät durch das Produkt des Ausgangssignals der ersten Zustandsspeichereinrichtung und des elektrischen Entladungssignals gesteuert wird, das zweite Schaltgerät durch das elektrische Entladungssignal gesteuert wird; und weiterhin das vierte Schaltgerät für einen Zeitraum ausgeschaltet wird, der durch die Taktgebereinrichtung eingestellt wird, wenn der Stromdetektorwert der Drosselspule den Strombefehlswert überschreitet, und das dritte und vierte Schaltgerät ebenfalls ausgeschaltet werden, wenn der Stromdetektorwert der Drosselspule den Überstrombefehlswert überschreitet.

28. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine, gekennzeichnet durch: einen Konstantstromversorgungsabschnitt, der mit

einer ersten Gleichstromenergieversorgung versehen ist, einem ersten Schaltgerät, welches an einen Pol der ersten Gleichstromenergieversorgung angeschlossen ist, einer Drosselspule, die in Reihe mit dem ersten Schaltgerät geschaltet ist, sowie einer Diode, deren eines Ende mit dem anderen Pol der ersten Gleichstromenergieversorgung verbunden ist, und deren anderes Ende mit dem Verbindungspunkt des ersten Schaltgerätes und des Reaktors verbunden ist, und einen Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitt aufweist, der mit einem zweiten Schaltgerät versehen ist, um Bearbeitungsenergie einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück zuzuführen, die in einem dielektrischen Fluid angeordnet sind, wobei die Vorrichtung weiterhin aufweist:

- eine Reihenschaltung aus einer zweiten Gleichstromenergieversorgung, die eine Spannung aufweist, die dem Arbeitsspalt eine Spannung zuführen kann, die im wesentlichen gleich einer elektrischen Entladungsspannung oder niedriger ist; aus einem dritten Schaltgerät und einer Diode, in Parallelschaltung zur Diode des Konstantstromversorgungsabschnitts; und
- eine Reihenschaltung aus einer dritten Gleichstromenergieversorgung, die eine Spannung aufweist, welche den Arbeitsspalt mit einer Spannung versorgen kann, die höher als eine Spannung ist, die von der ersten Gleichstromenergieversorgung geliefert wird, eines vierten Schaltgerätes und eines Widerstands, die parallel zum Arbeitsspalt geschaltet sind.

29. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin vorgesehen sind:

- eine erste Vergleichseinrichtung zum Vergleichen eines Strombefehlswertes mit einem Stromdetektorwert der Drosselspule;
- eine zweite Vergleichseinrichtung zum Vergleichen eines Überstrombefehlswertes mit dem Stromdetektorwert der Drosselspule;
- eine Taktgebereinrichtung, deren Eingangsklemme an den Ausgang der ersten Vergleichseinrichtung angeschlossen ist; und
- eine erste Zustandsspeichereinrichtung, die eine Rücksetzeingangsklemme aufweist, die an den Ausgang der zweiten Vergleichseinrichtung angeschlossen ist, sowie eine Setzeingangsklemme, die mit dem invertierten Signal des Ausgangs der ersten Vergleichseinrichtung verbunden ist;

wobei das erste Schaltgerät durch das Produkt des Ausgangssignals der Taktgebereinrichtung, des Ausgangssignals der ersten Zustandsspeichereinrichtung und eines elektrischen Entladungssignals gesteuert wird, das dritte Schaltgerät durch das Produkt des Ausgangssignals der ersten Zustandsspeichereinrichtung und des elektrischen Entladungssignals gesteuert wird, das zweite Schaltgerät durch das elektrische Entladungssignal gesteuert wird, und darüber hinaus das erste Schaltgerät für einen Zeitraum ausgeschaltet wird, der durch die Taktgebereinrichtung eingestellt wird, wenn der Stromdetektorwert der Drosselspule den Strombefehlswert überschreitet, und das dritte Schaltgerät dann auch ausgeschaltet wird, wenn der Stromdetektorwert der Drosselspule den Überstrombefehlswert überschreitet, und das vierte Schaltgerät

durch das Produkt eines Hochspannungsimpulssignals und des elektrischen Entladungssignals eingeschaltet wird.

30. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine, gekennzeichnet durch einen Konstantstromversorgungsabschnitt, der eine erste Gleichstromenergieversorgung aufweist, ein erstes Schaltgerät, welches an einen Pol der ersten Gleichstromenergieversorgung angeschlossen ist, eine Drosselspule, die in Reihe mit dem ersten Schaltgerät geschaltet ist, und eine Diode, deren eines Ende mit dem anderen Pol der ersten Gleichstromenergieversorgung verbunden ist, und deren anderes Ende mit dem Verbindungspunkt des ersten Schaltgerätes und der Drosselspule verbunden ist, sowie einen Ausgangsstrom-Einschalt/Ausschaltabschnitt, der mit einem zweiten Schaltgerät versehen ist, um Bearbeitungsenergie einem Arbeitsspalt zwischen einer Elektrode und einem Werkstück zuzuführen, die in einem dielektrischen Fluid angeordnet sind, wobei die erste Gleichstromenergieversorgung mehrere Gleichstromenergieversorgungen aufweist, die vorbestimmte Spannungen aufweisen und miteinander in Reihe geschaltet sind, wobei eine der mehreren Gleichstromenergieversorgungen eine Gleichstromenergieversorgung ist, die eine Spannung aufweist, die den Arbeitsspalt mit einer Spannung versorgen kann, die im wesentlichen gleich einer elektrischen Entladungsspannung oder niedriger ist;

und ein Ende einer Reihenschaltung eines dritten Schaltgerätes und einer Diode mit dem Verbindungspunkt der zweiten Gleichstromenergieversorgung und einer dritten Gleichstromenergieversorgung verbunden ist, und ihr anderes Ende mit dem Verbindungspunkt des ersten Schaltgerätes und der Drosselspule verbunden ist.

31. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß eine der mehreren Gleichstromenergieversorgungen als eine vierte Gleichstromenergieversorgung eingesetzt wird, die eine Spannung aufweist, die den Arbeitsspalt mit einer Spannung versorgen kann, die höher als die elektrische Entladungsspannung und niedriger als eine Spannung ist, die von der ersten Gleichstromenergieversorgung zusammen mit der zweiten Gleichstromenergieversorgung zugeführt wird, wobei ein Ende einer Reihenschaltung eines dritten Schaltgerätes und einer Diode mit dem Verbindungspunkt der dritten Gleichstromenergieversorgung und einer fünften Gleichstromenergieversorgung, ungleich der zweiten Gleichstromenergieversorgung, verbunden ist, und ihr anderes Ende an den Verbindungspunkt des ersten Schaltgerätes und der Drosselspule angeschlossen ist.

32. Energieversorgungsvorrichtung für eine elektrische Erodiermaschine nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß eine sechste Gleichstromenergieversorgung an die erste Gleichstromenergieversorgung angeschlossen ist, daß ein Ende einer Reihenschaltung eines fünften Schaltgerätes und eines Widerstands mit einem Ende der sechsten Gleichstromenergieversorgung verbunden ist, und ihr anderes Ende entweder an die Elektrode oder an das Werkstück angeschlossen ist.

Hierzu 51 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1

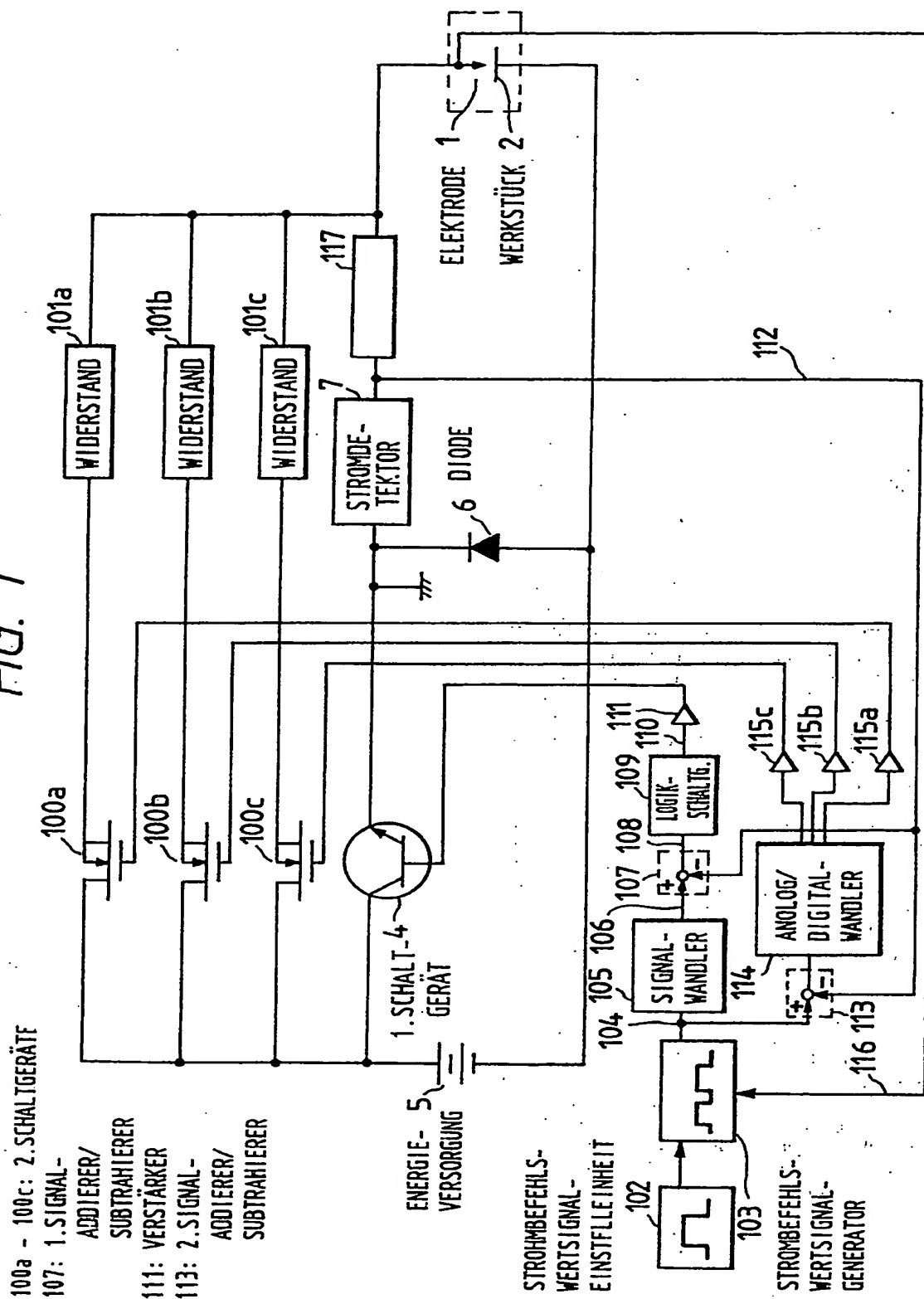


FIG. 2(a)

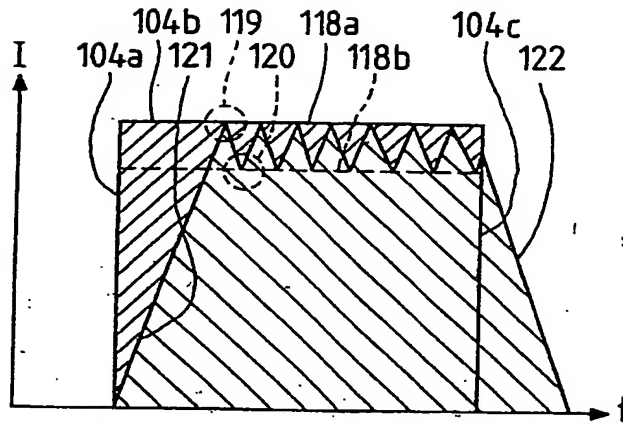


FIG. 2(b)

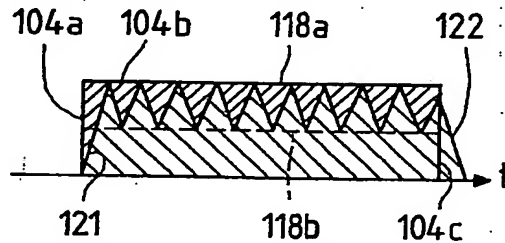


FIG. 2(c)

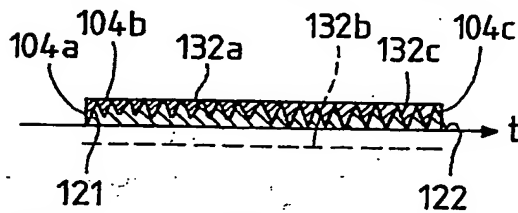


FIG. 2(d)

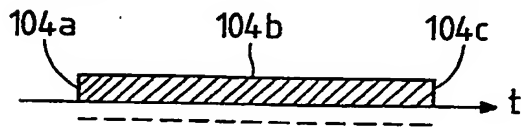
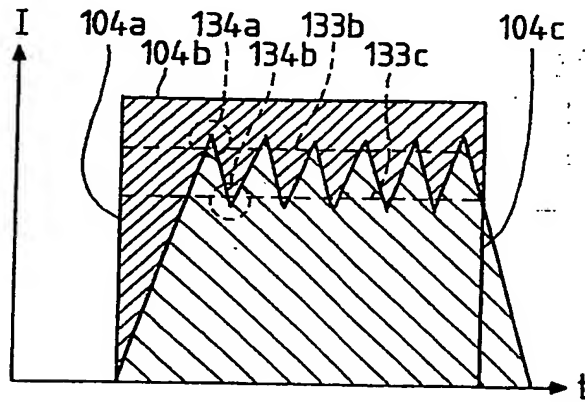


FIG. 3



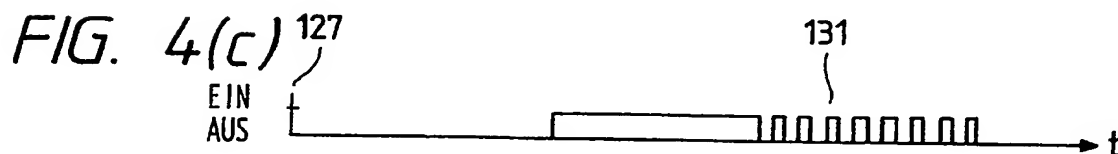
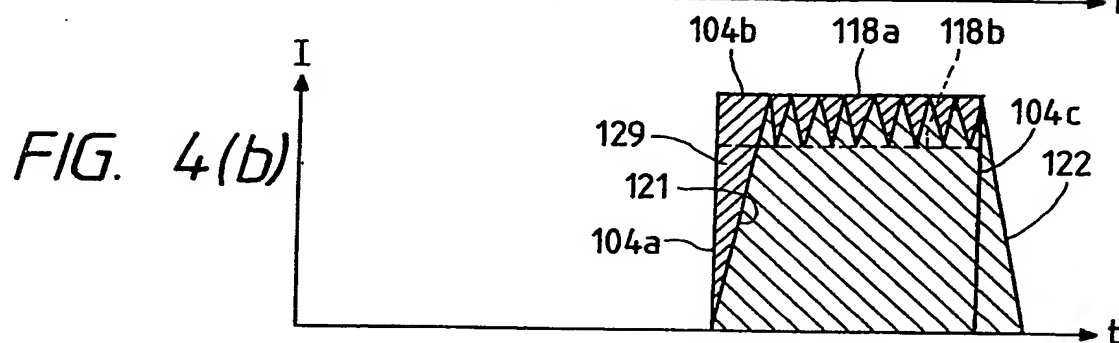
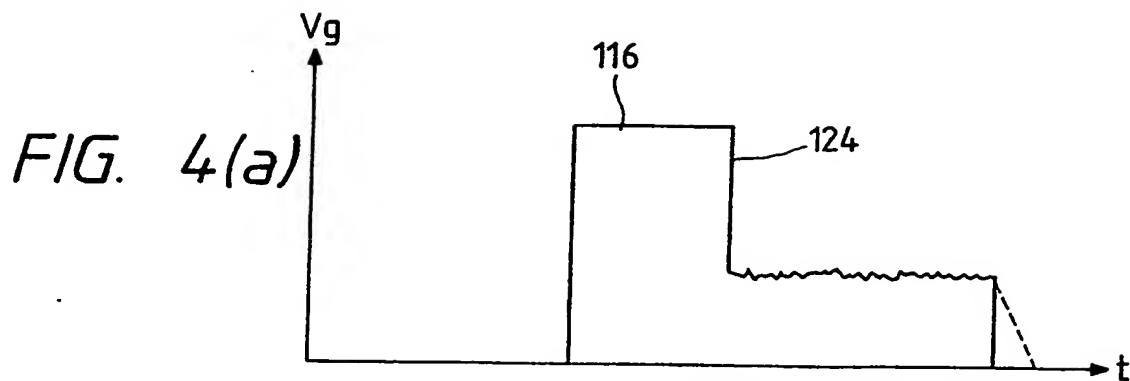
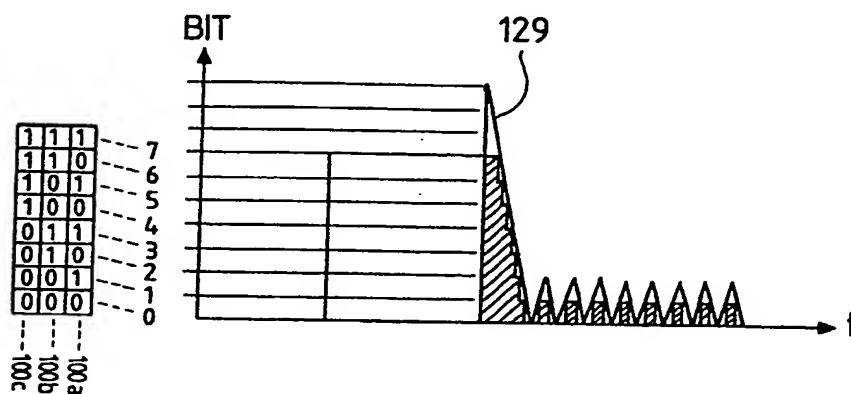


FIG. 4(e)

FIG. 4(d)



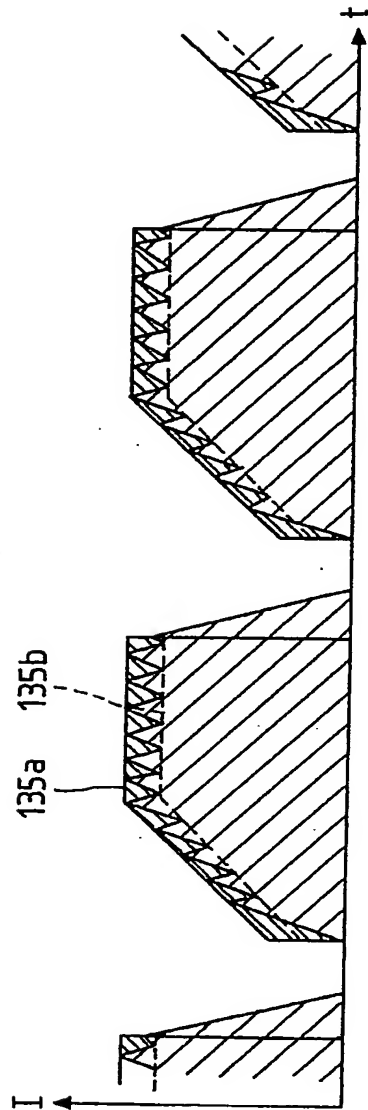


FIG. 5

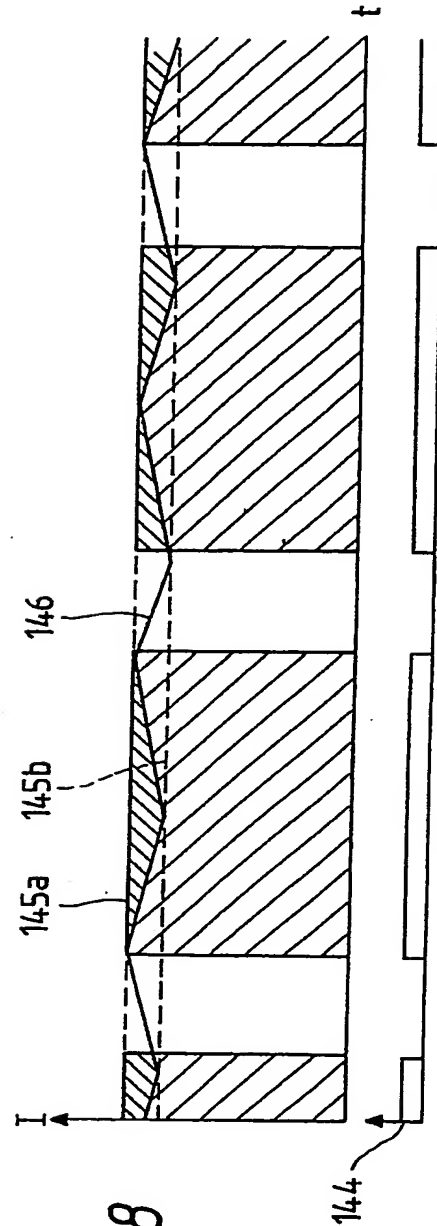


FIG. 8

FIG. 6

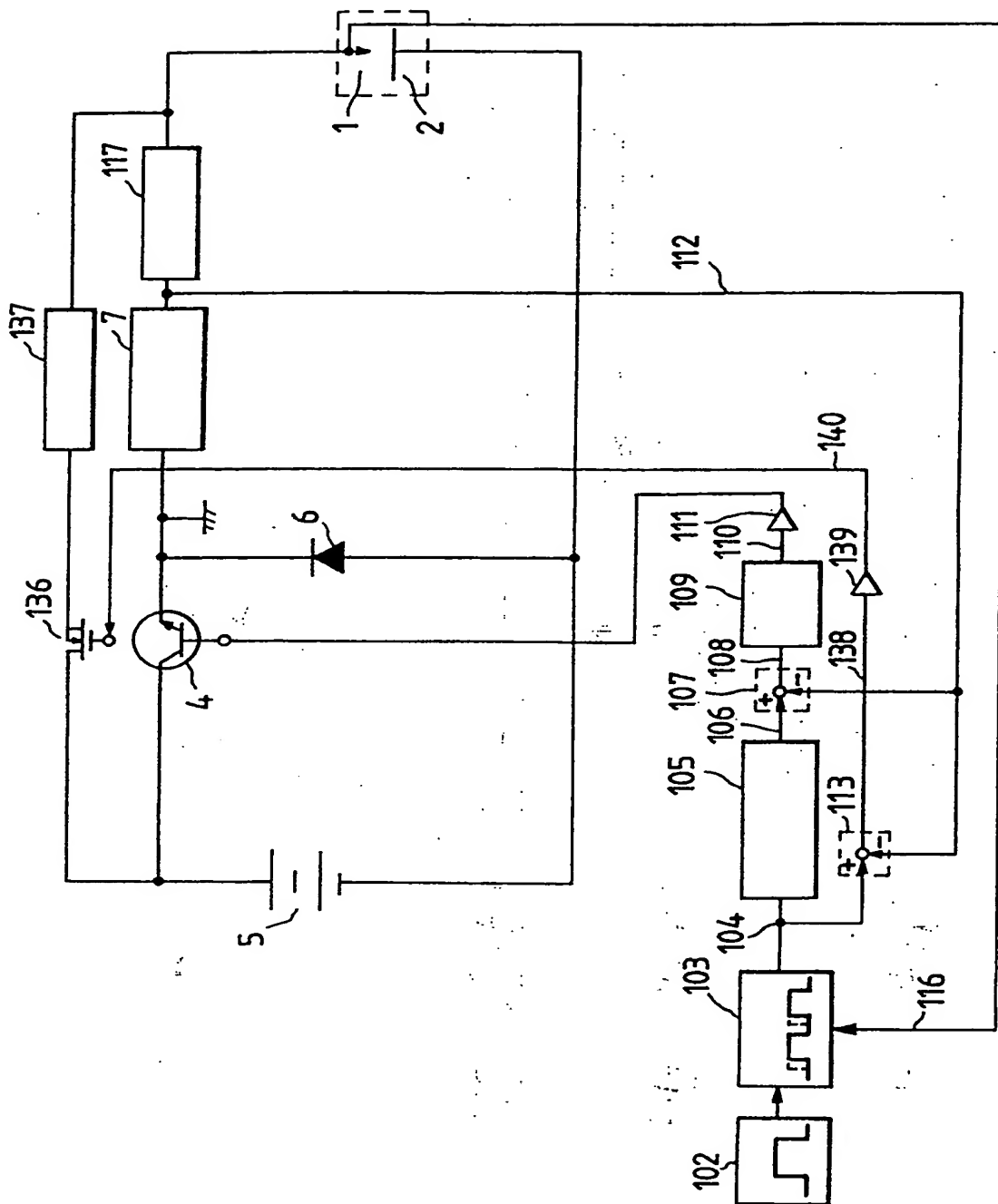
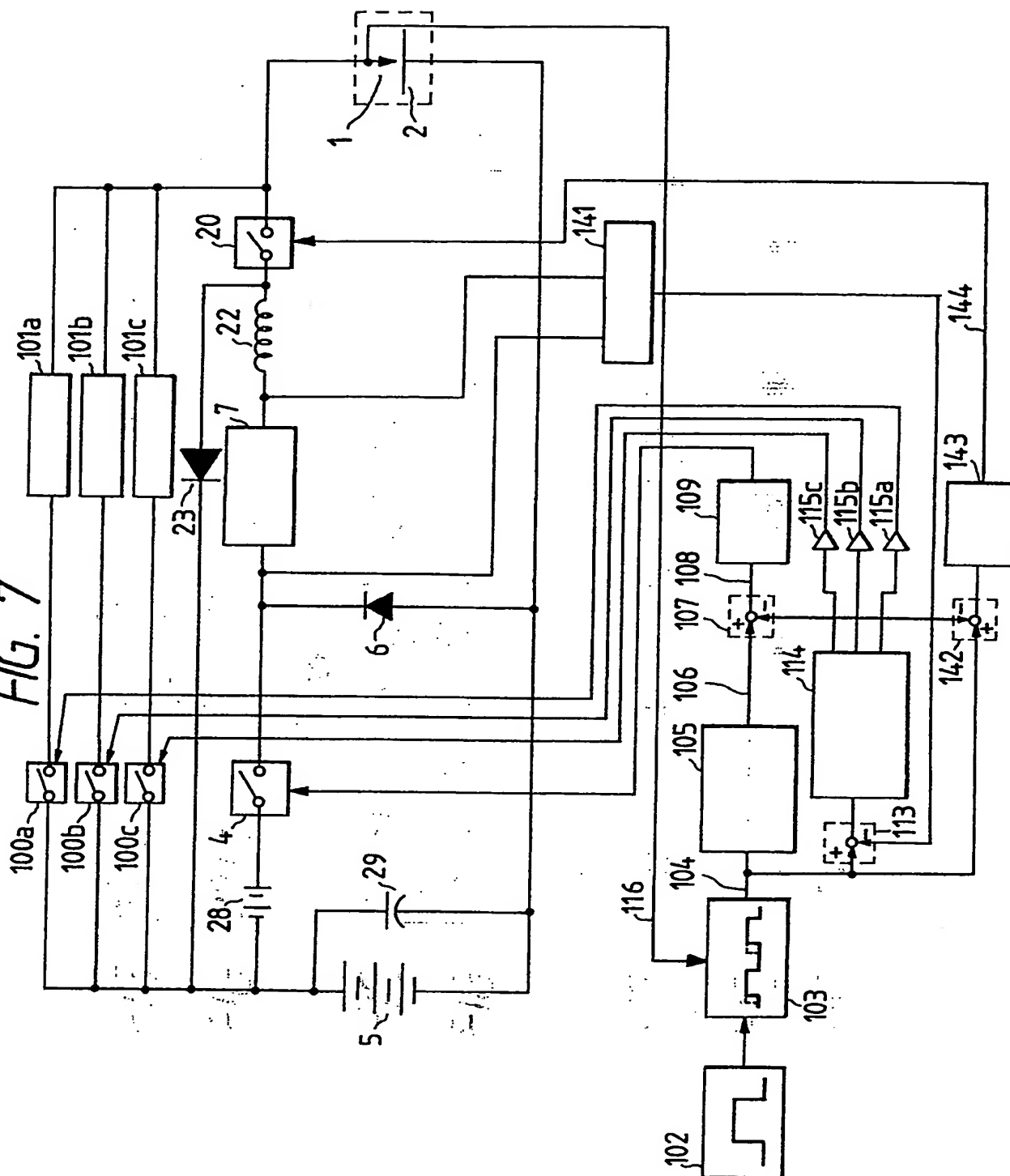


FIG. 7



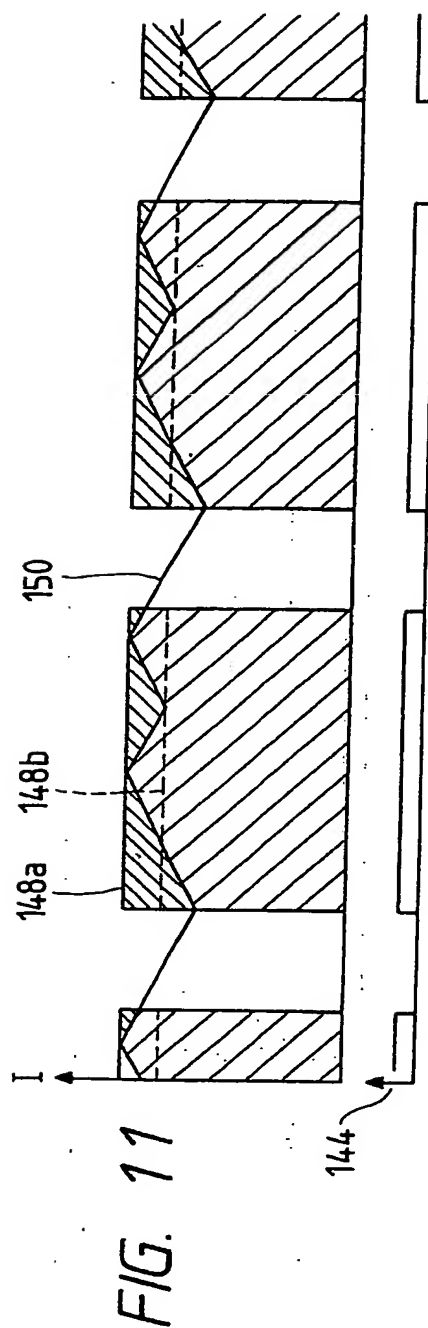
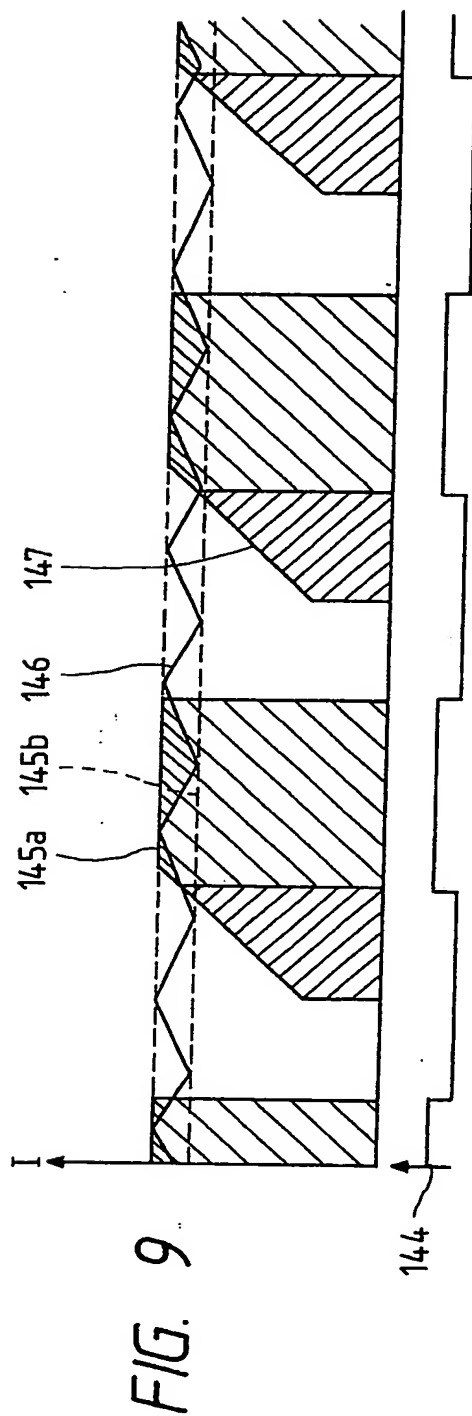
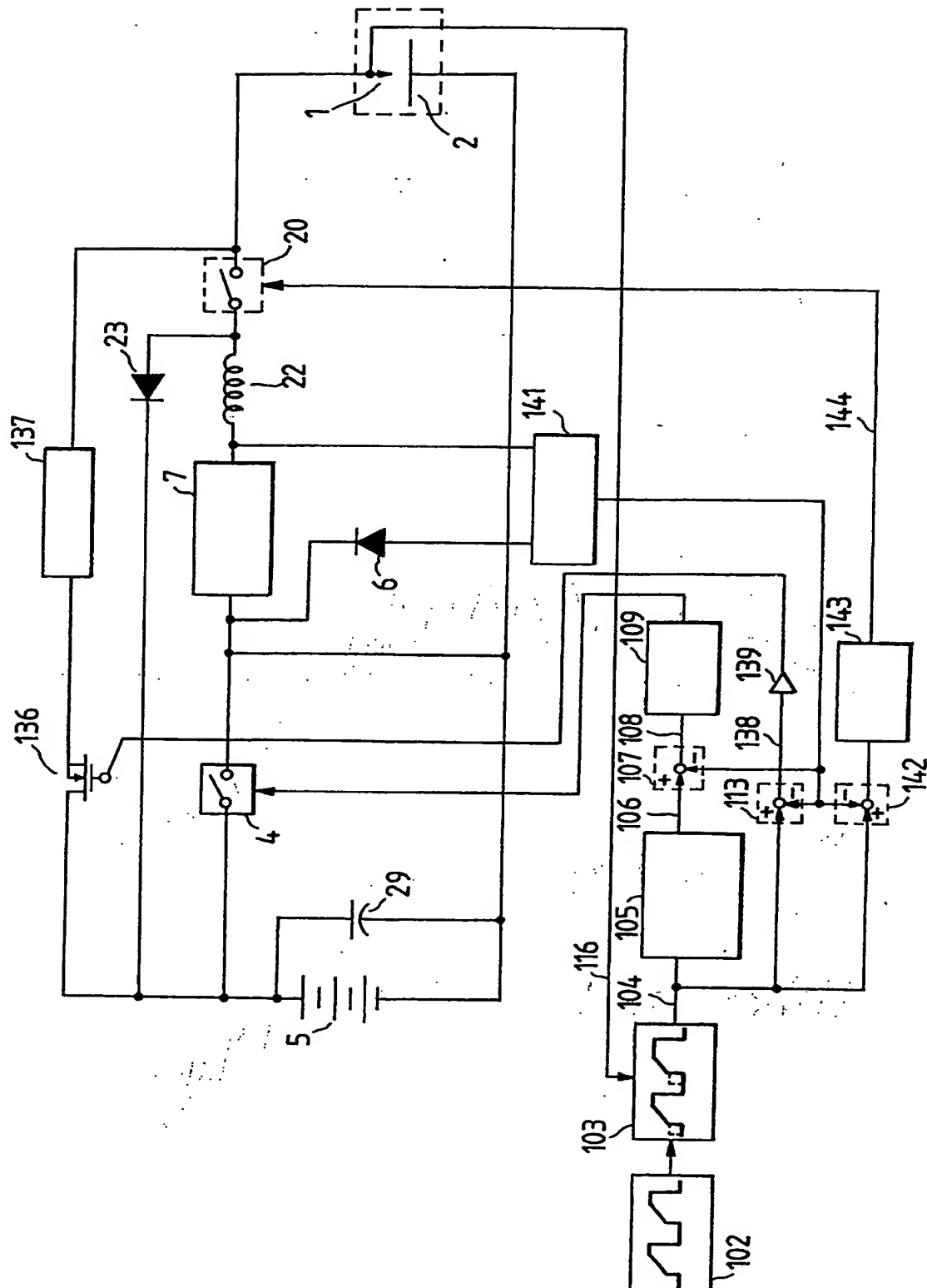


FIG. 10



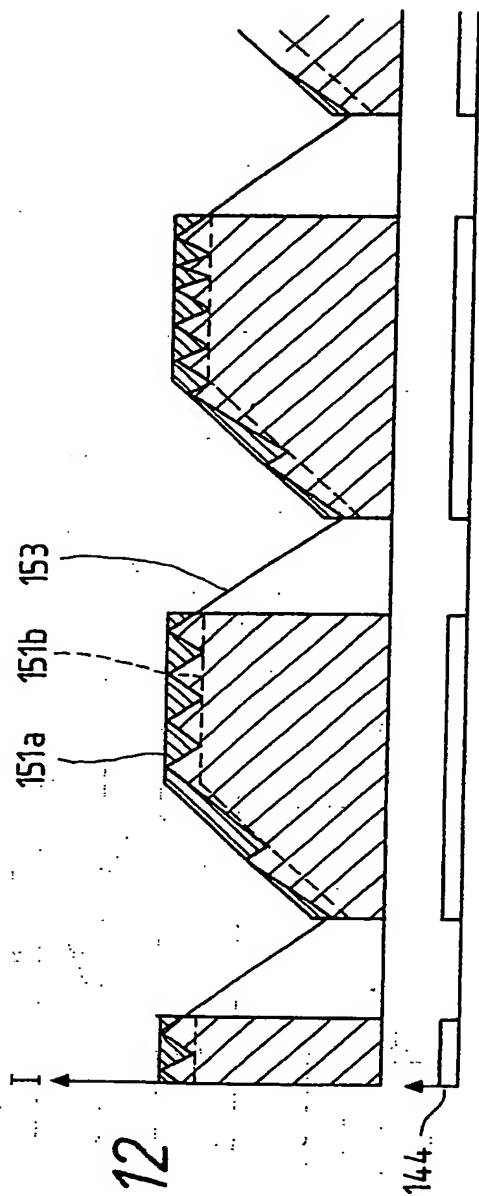


FIG. 12

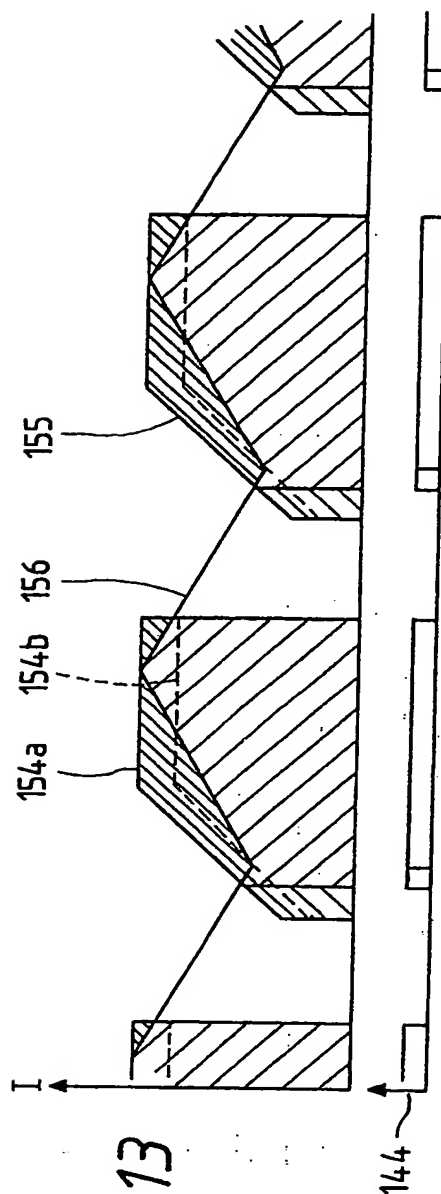


FIG. 13

FIG. 14

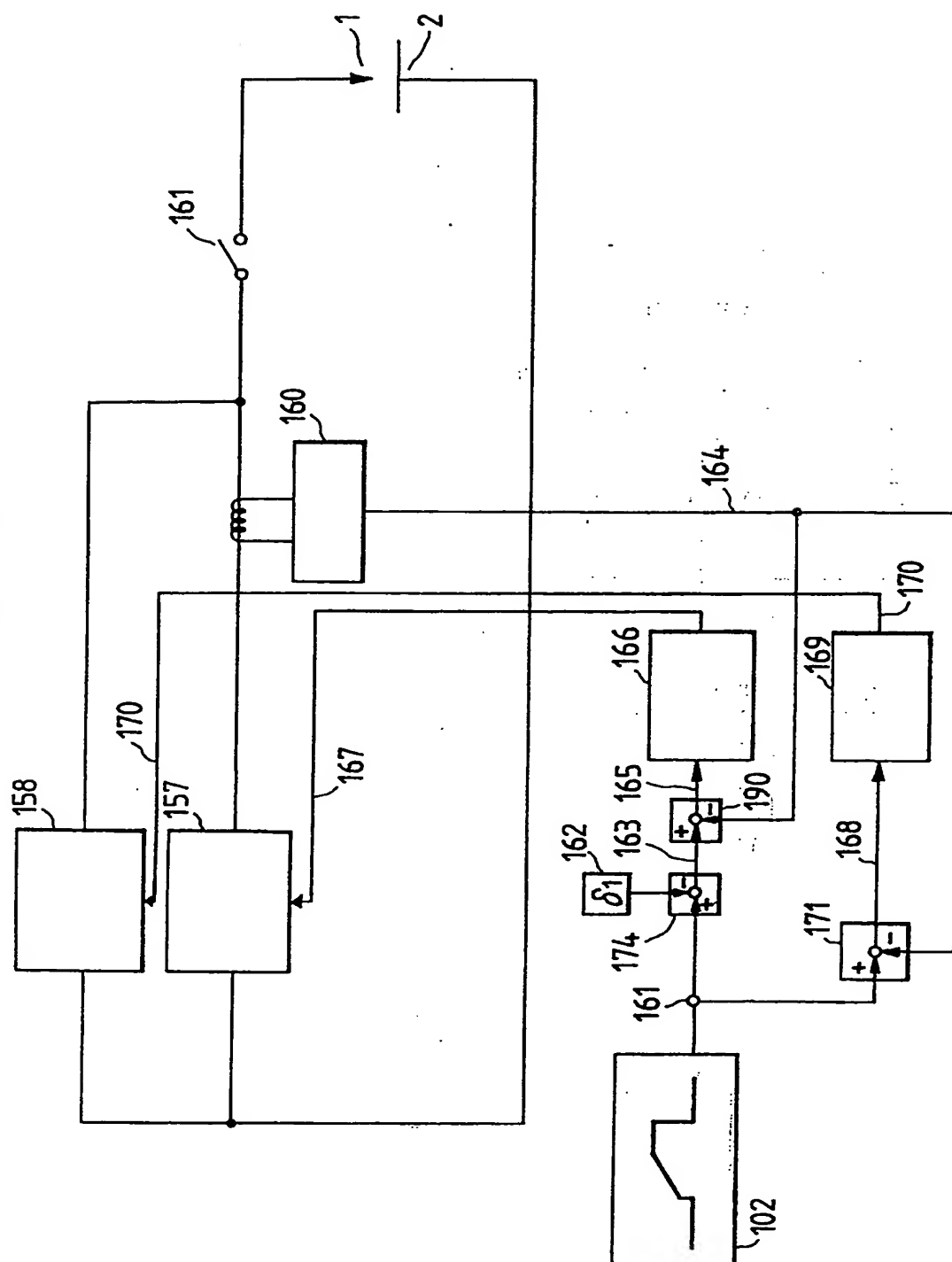


FIG. 15

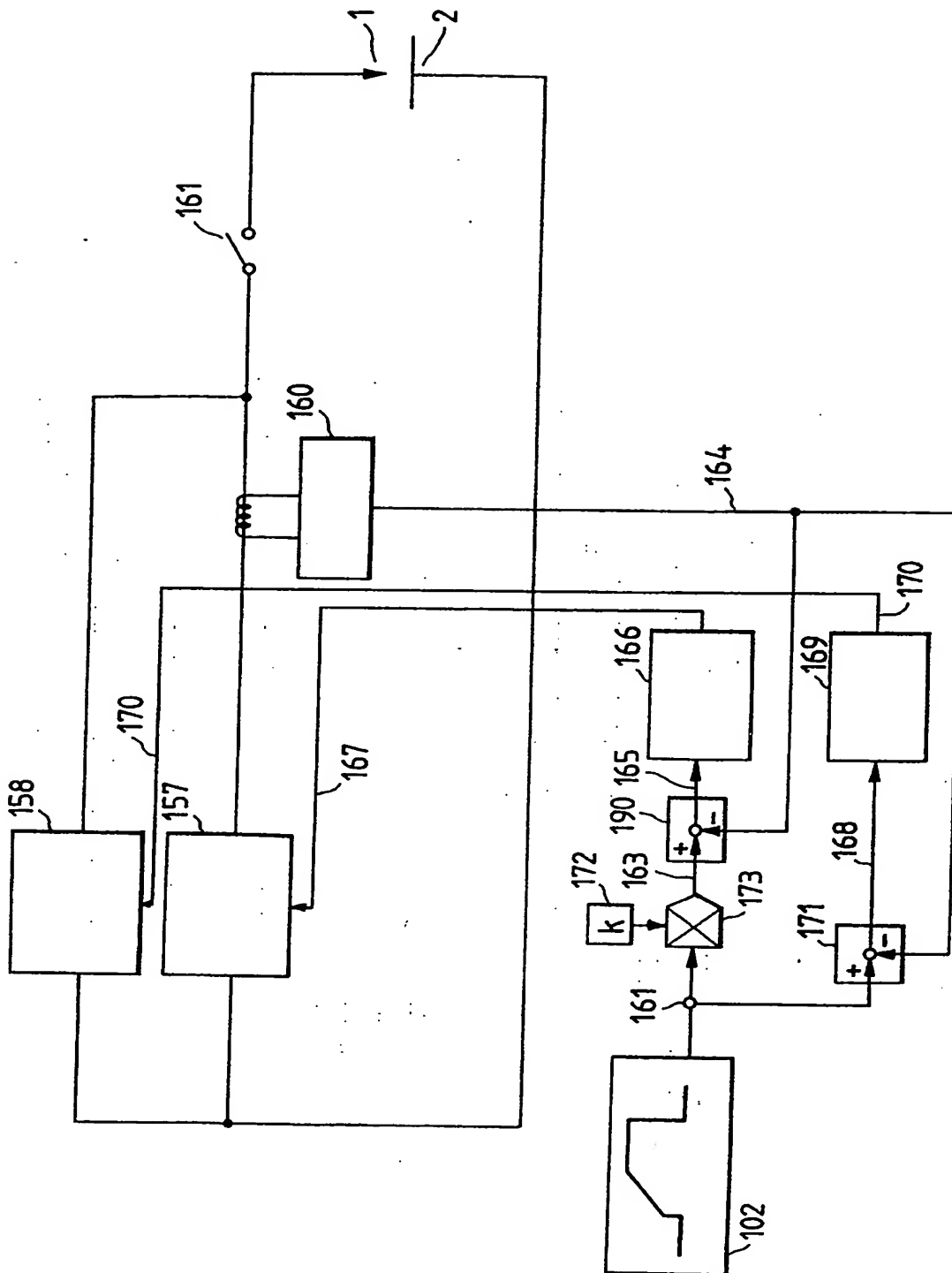


FIG. 16

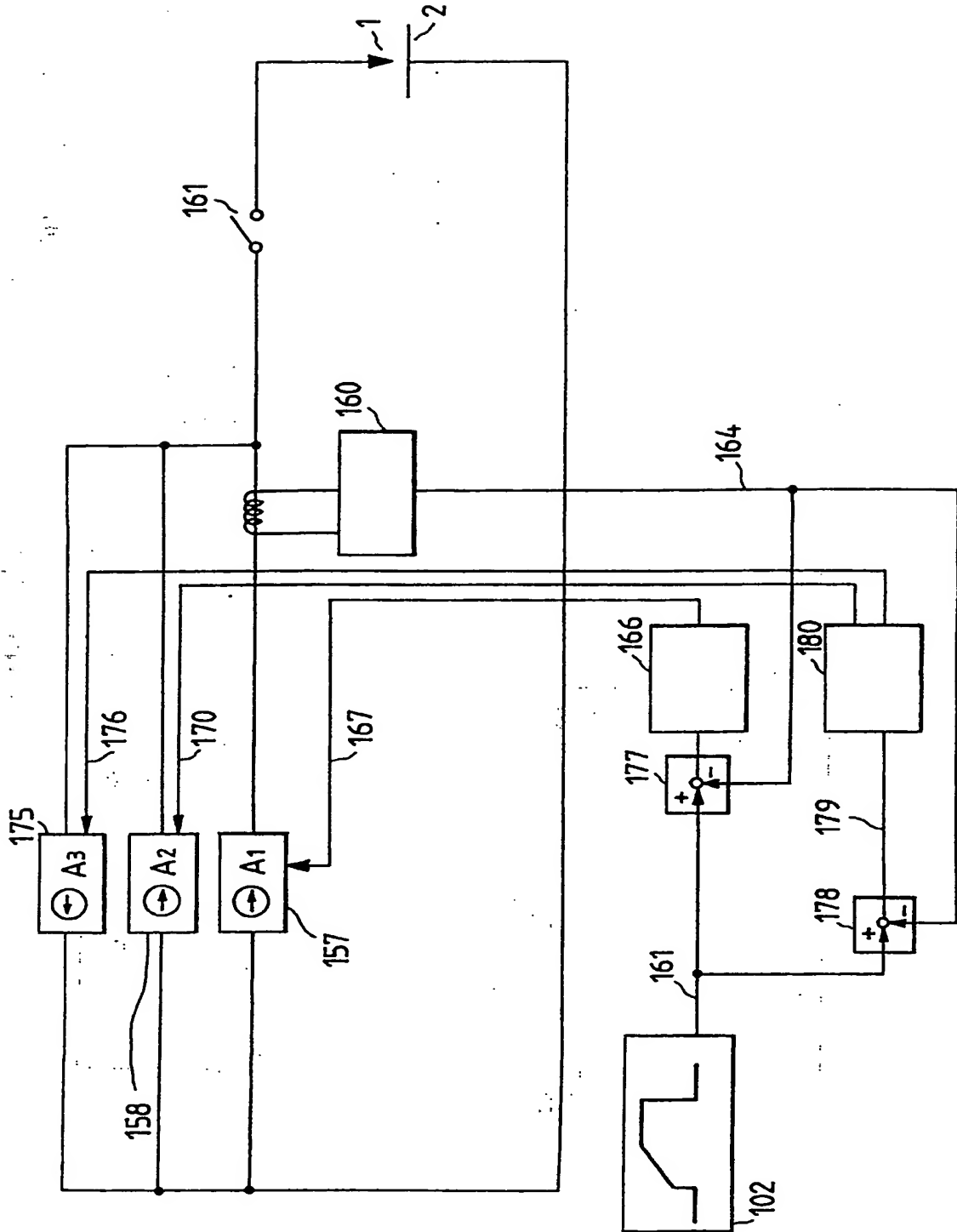


FIG. 17

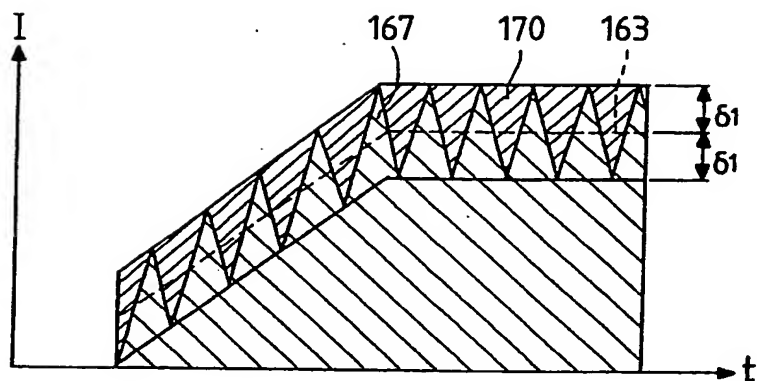


FIG. 18

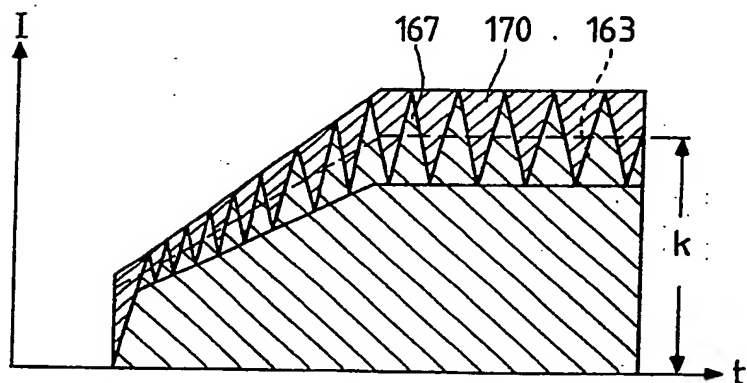


FIG. 19

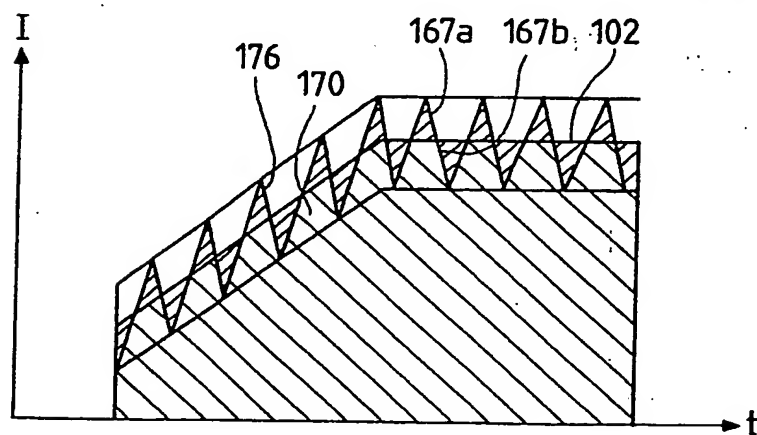


FIG. 20

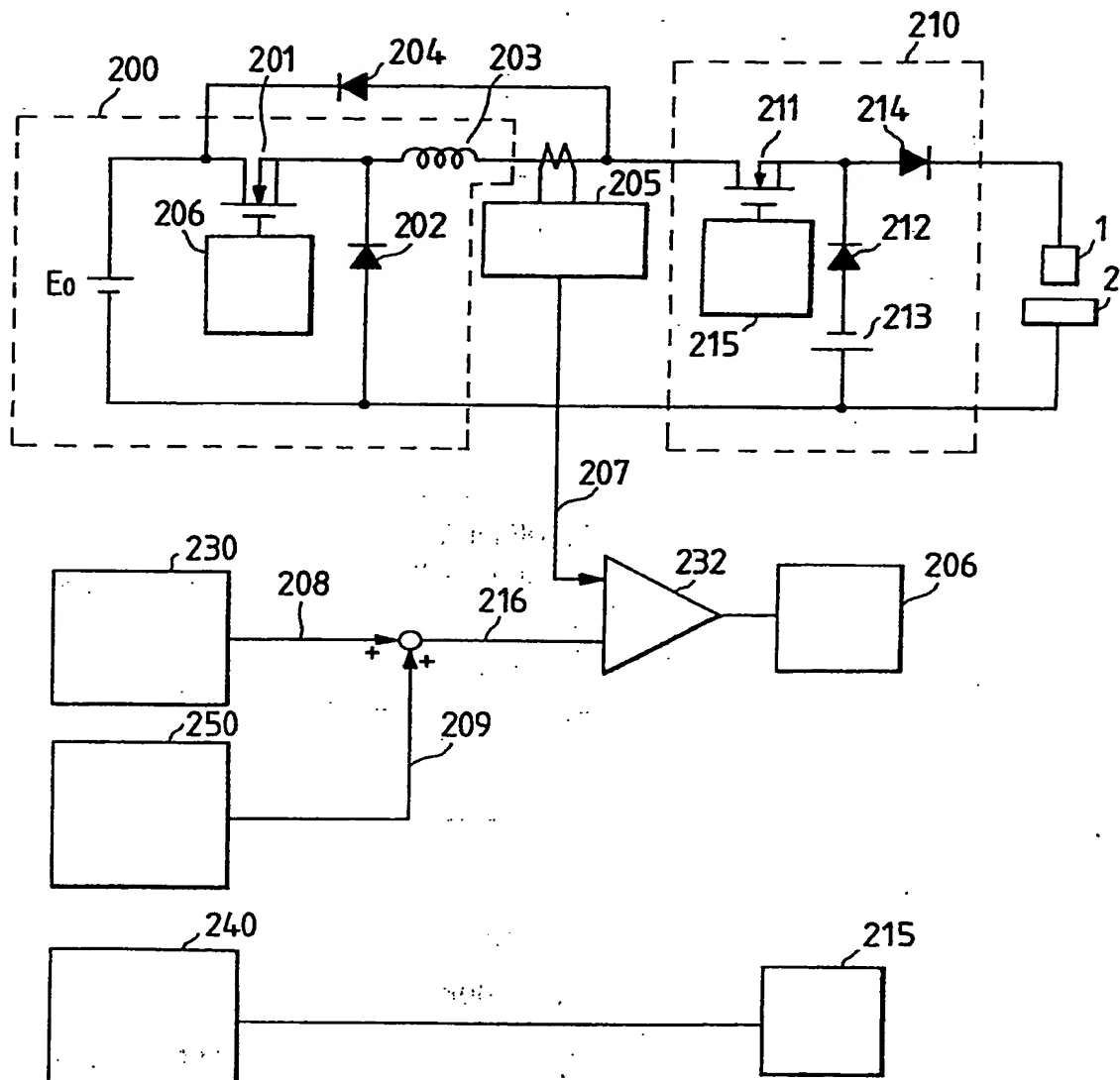




FIG. 21(a)

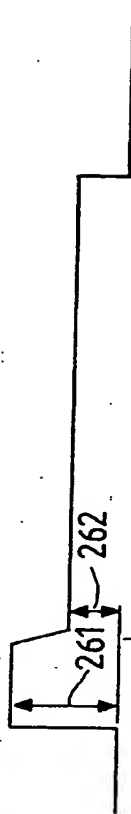


FIG. 21(b)

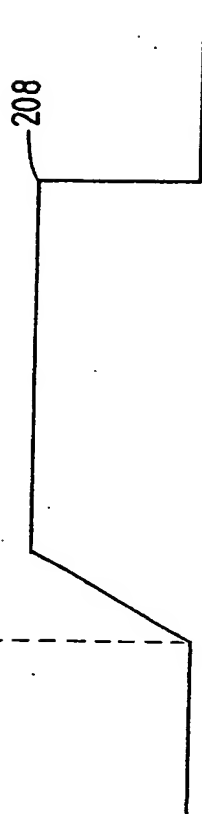


FIG. 21(c)

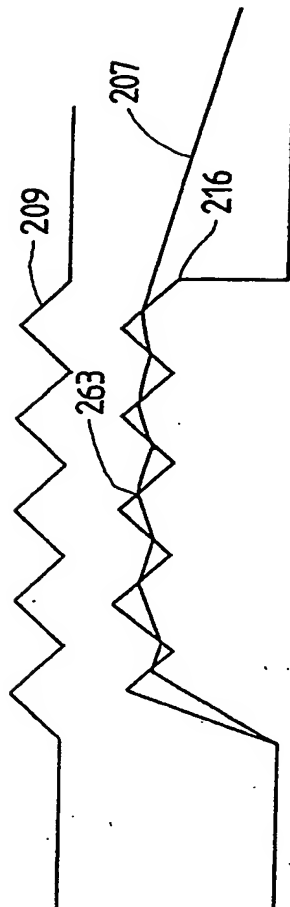


FIG. 21(d)



FIG. 21(e)

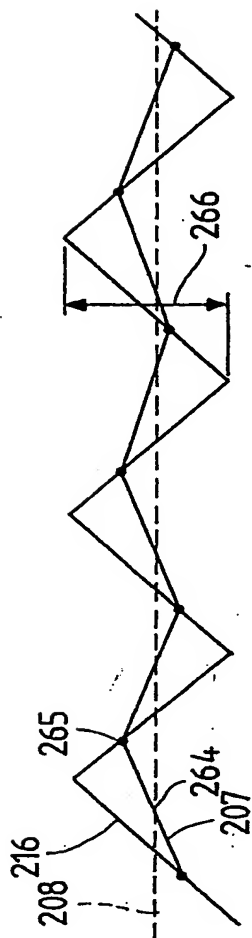


FIG. 22(a)

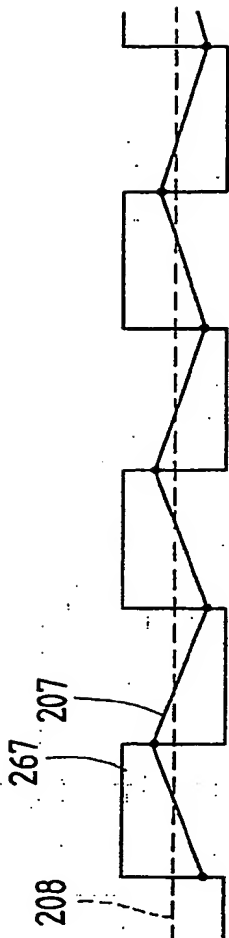


FIG. 22(b)

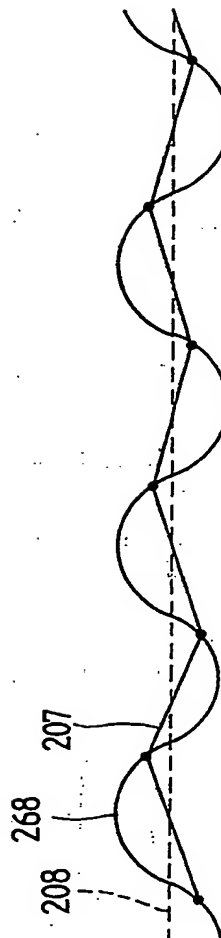


FIG. 22(c)

FIG. 23

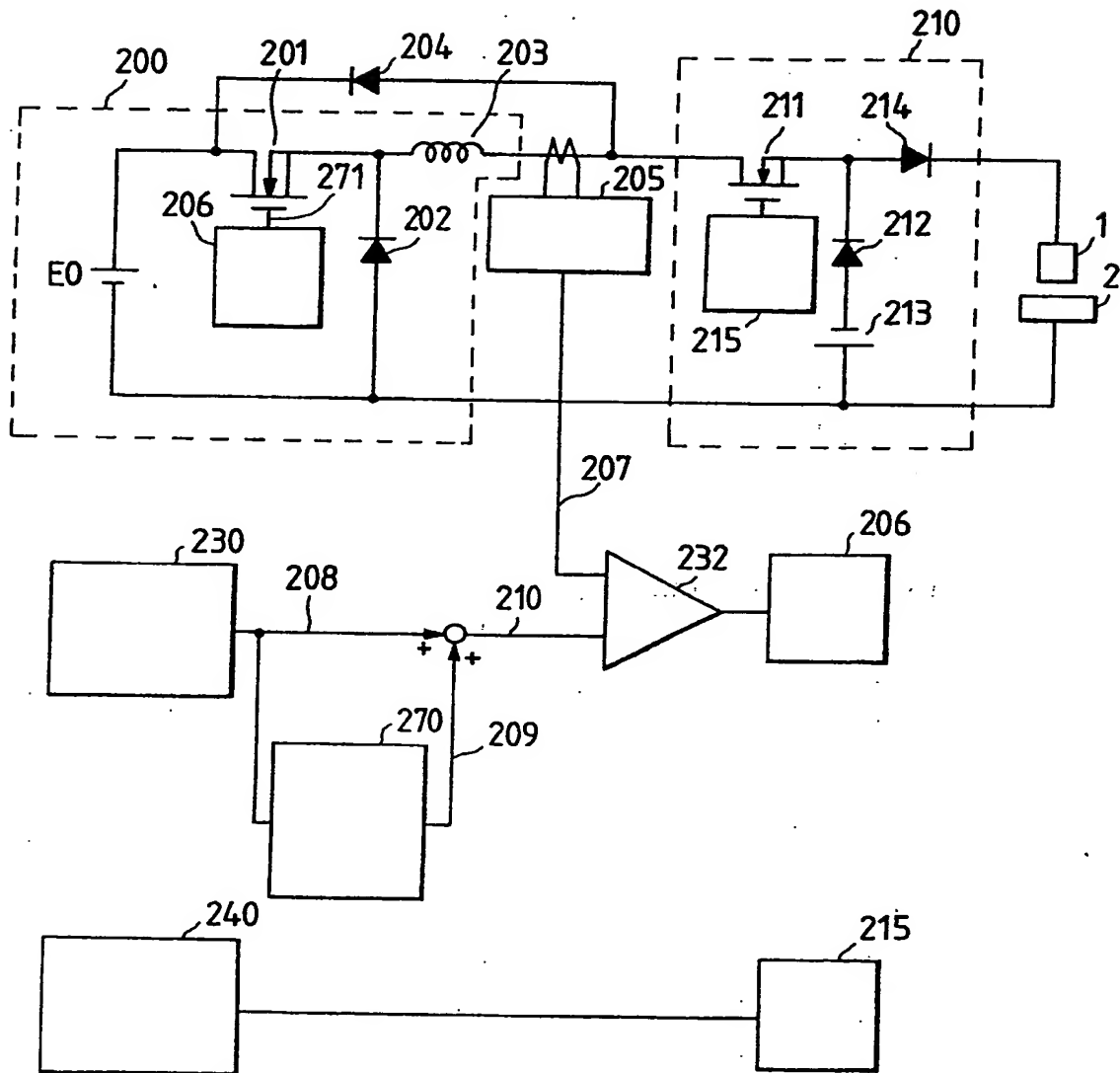
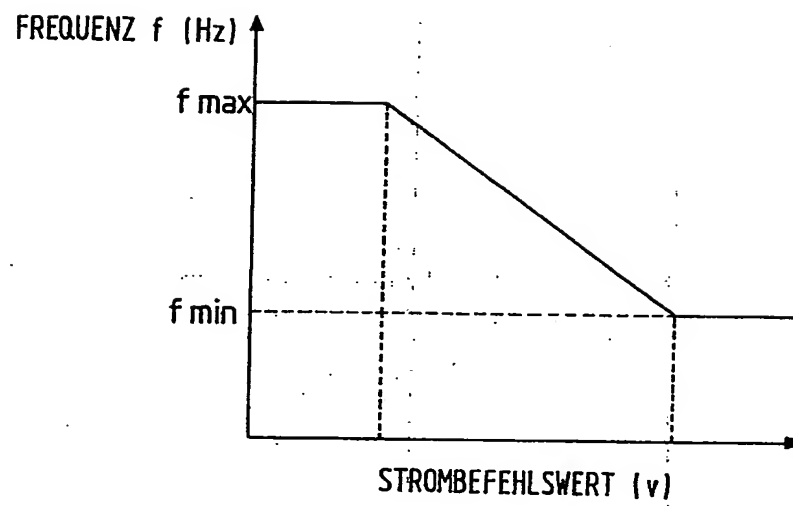


FIG. 24



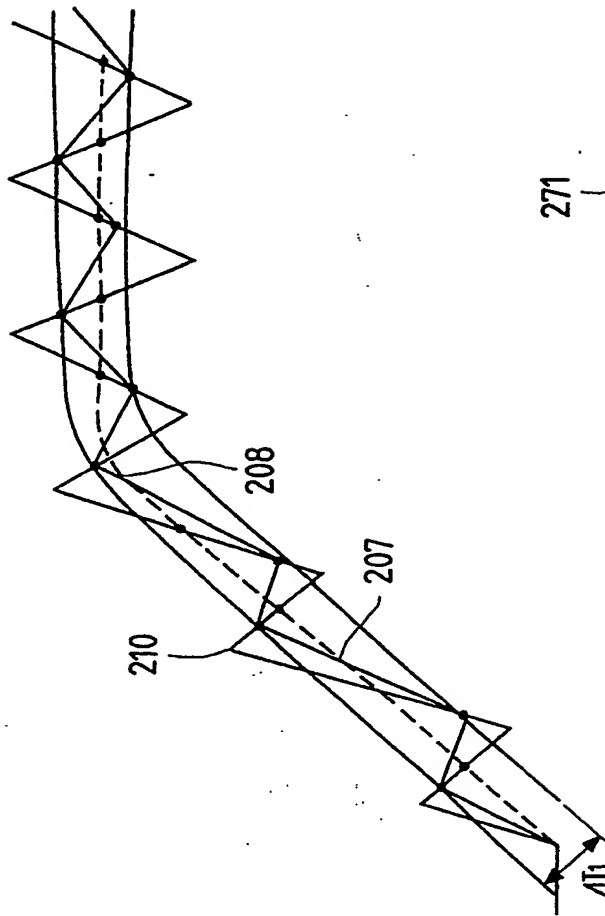


FIG. 25(a)

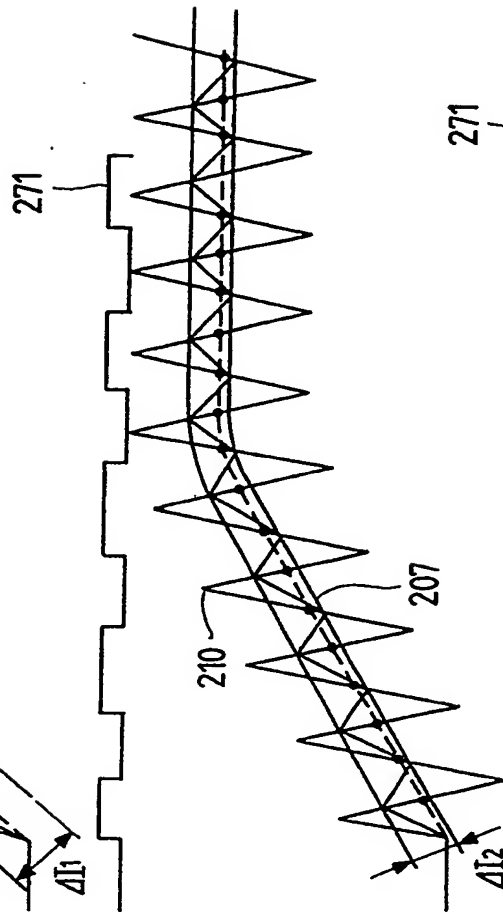


FIG. 25(b)

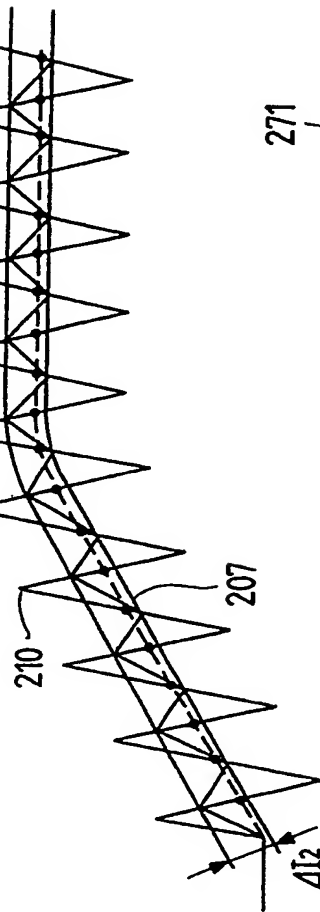


FIG. 25(c)

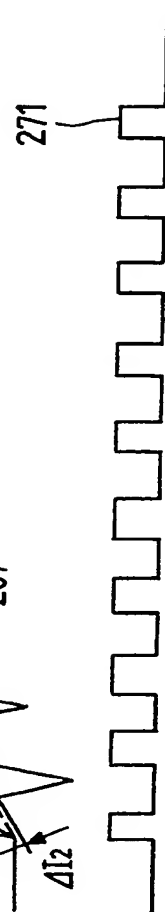
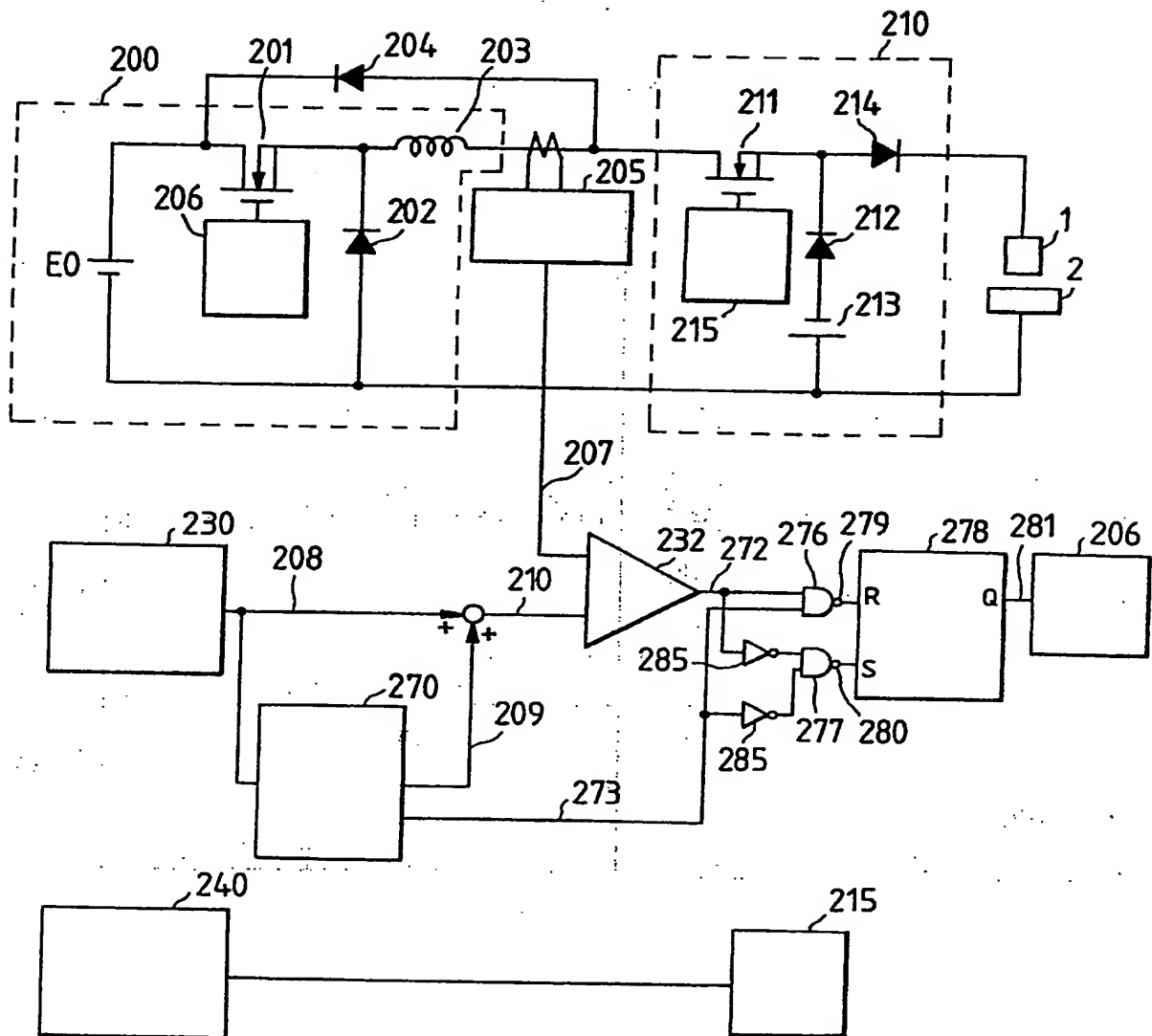


FIG. 25(d)

FIG. 26



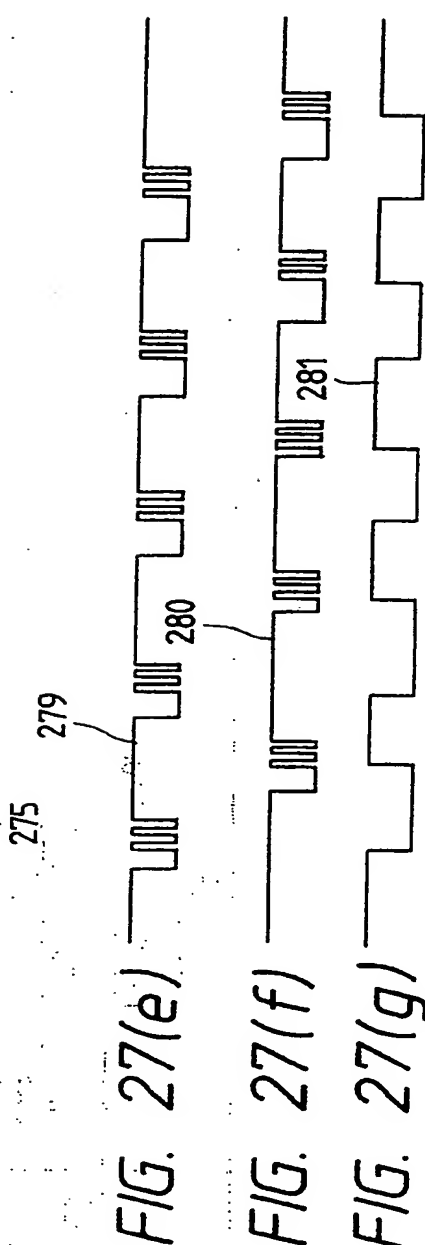
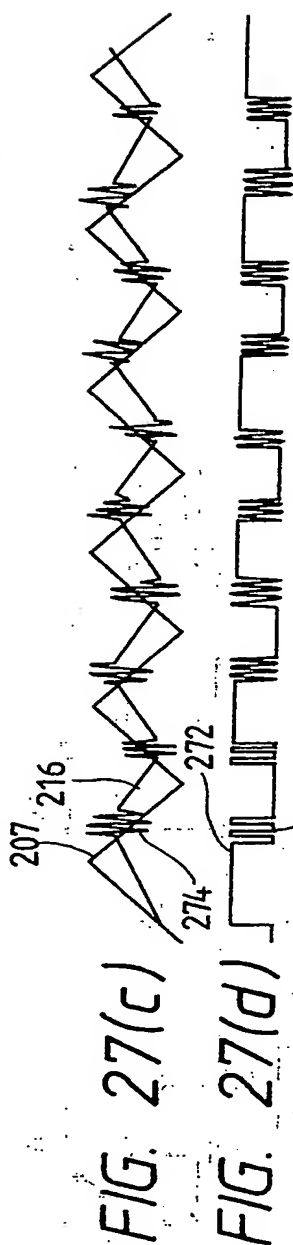
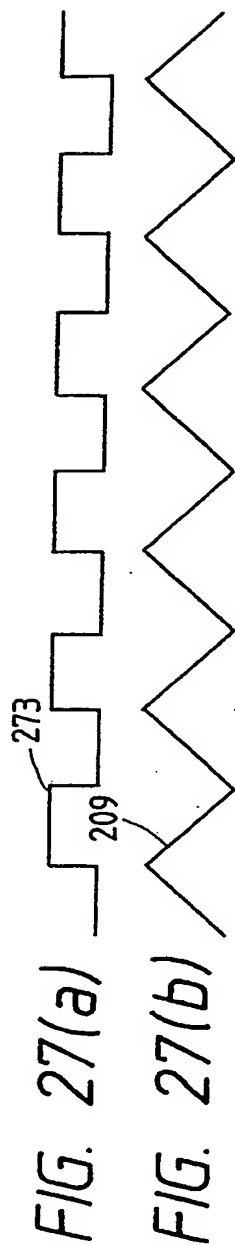


FIG. 29(a)

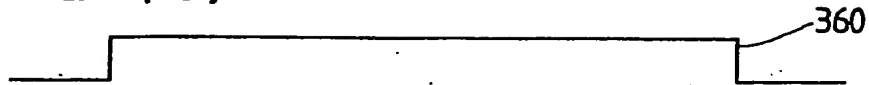


FIG. 29(b)

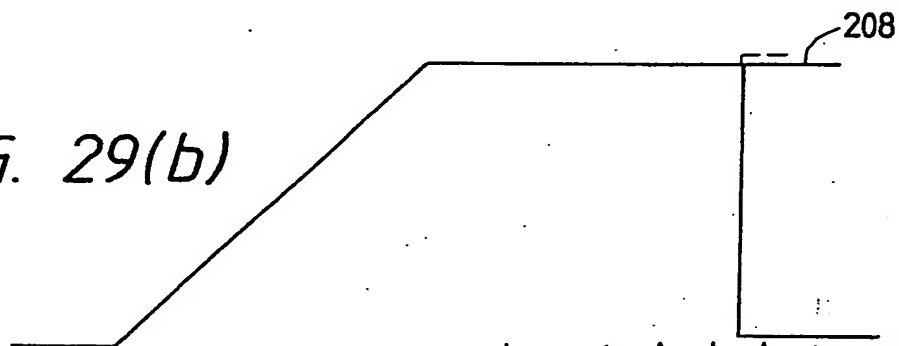


FIG. 29(c)

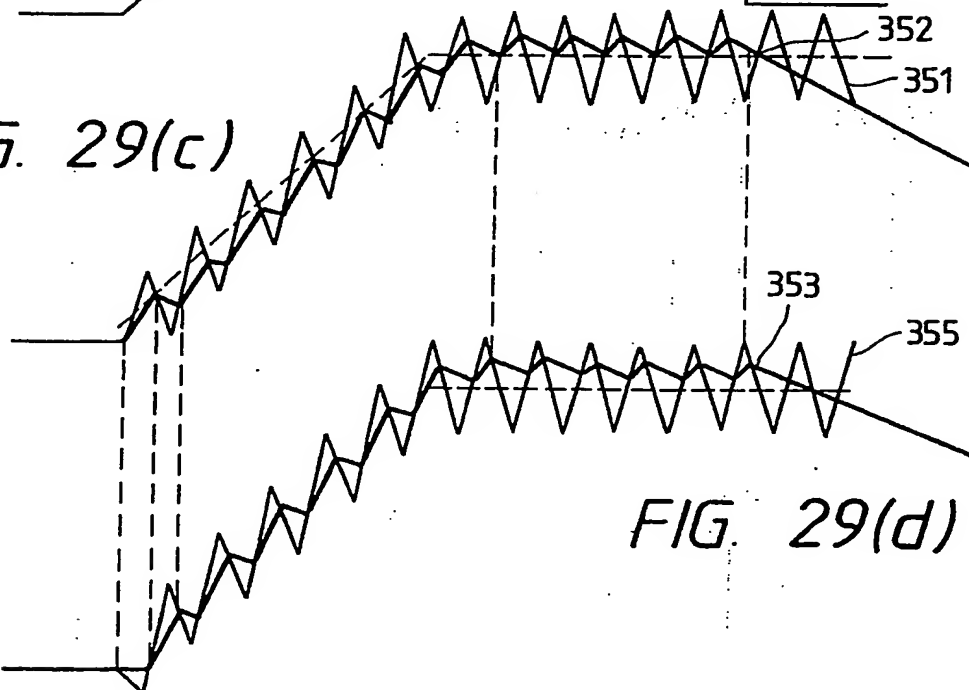


FIG. 29(d)

FIG. 30(a)

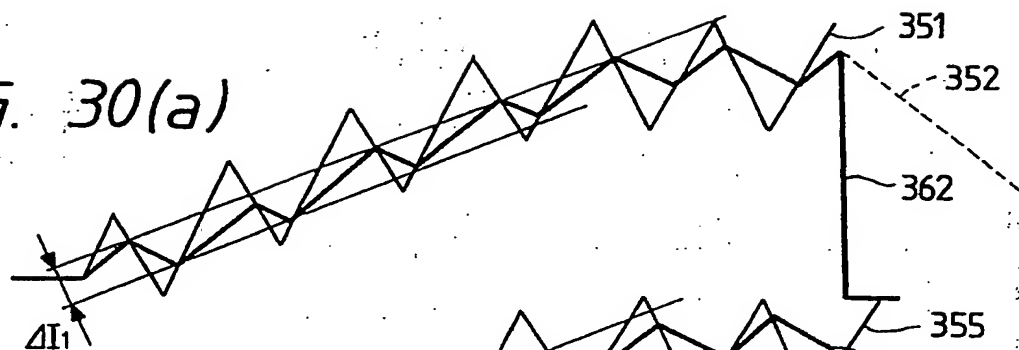


FIG. 30(b)

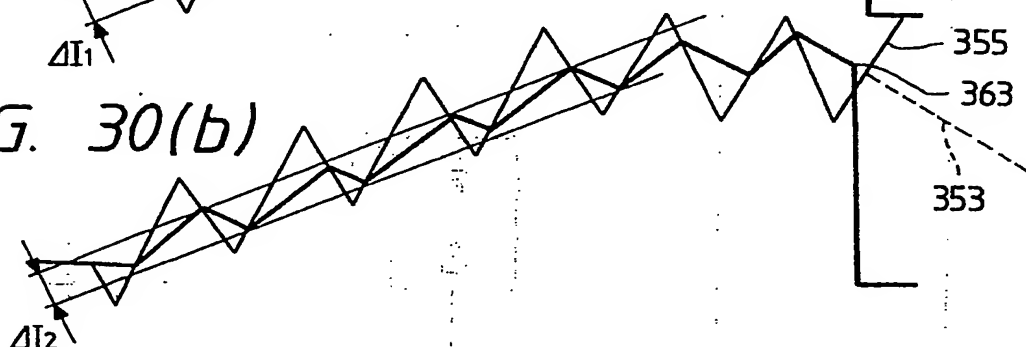
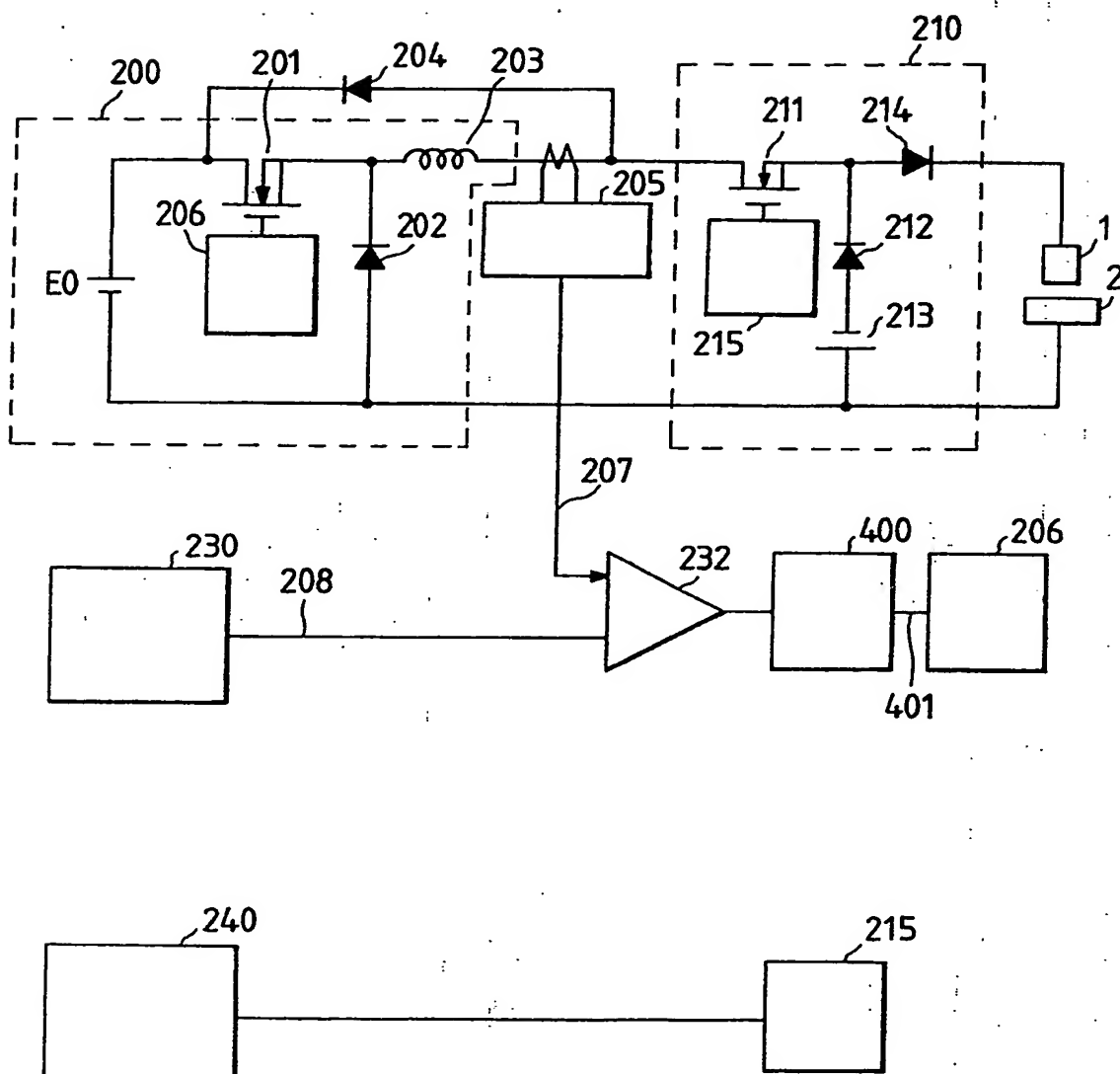


FIG. 30(c)



FIG. 31



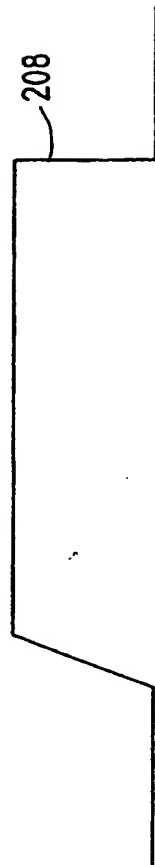


FIG. 32(a)

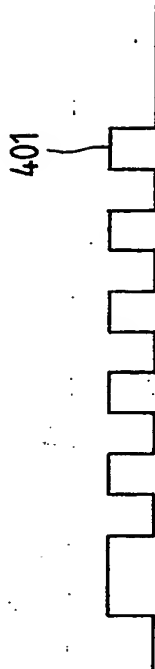


FIG. 32(b)

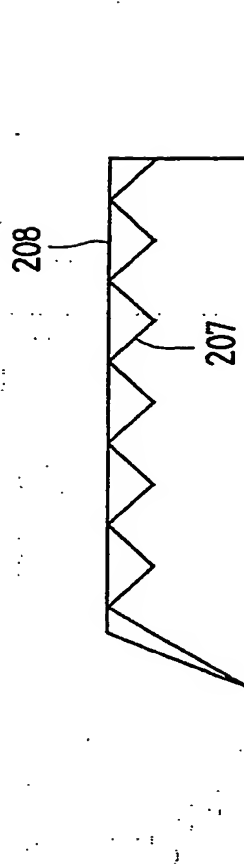


FIG. 32(c)

FIG. 33

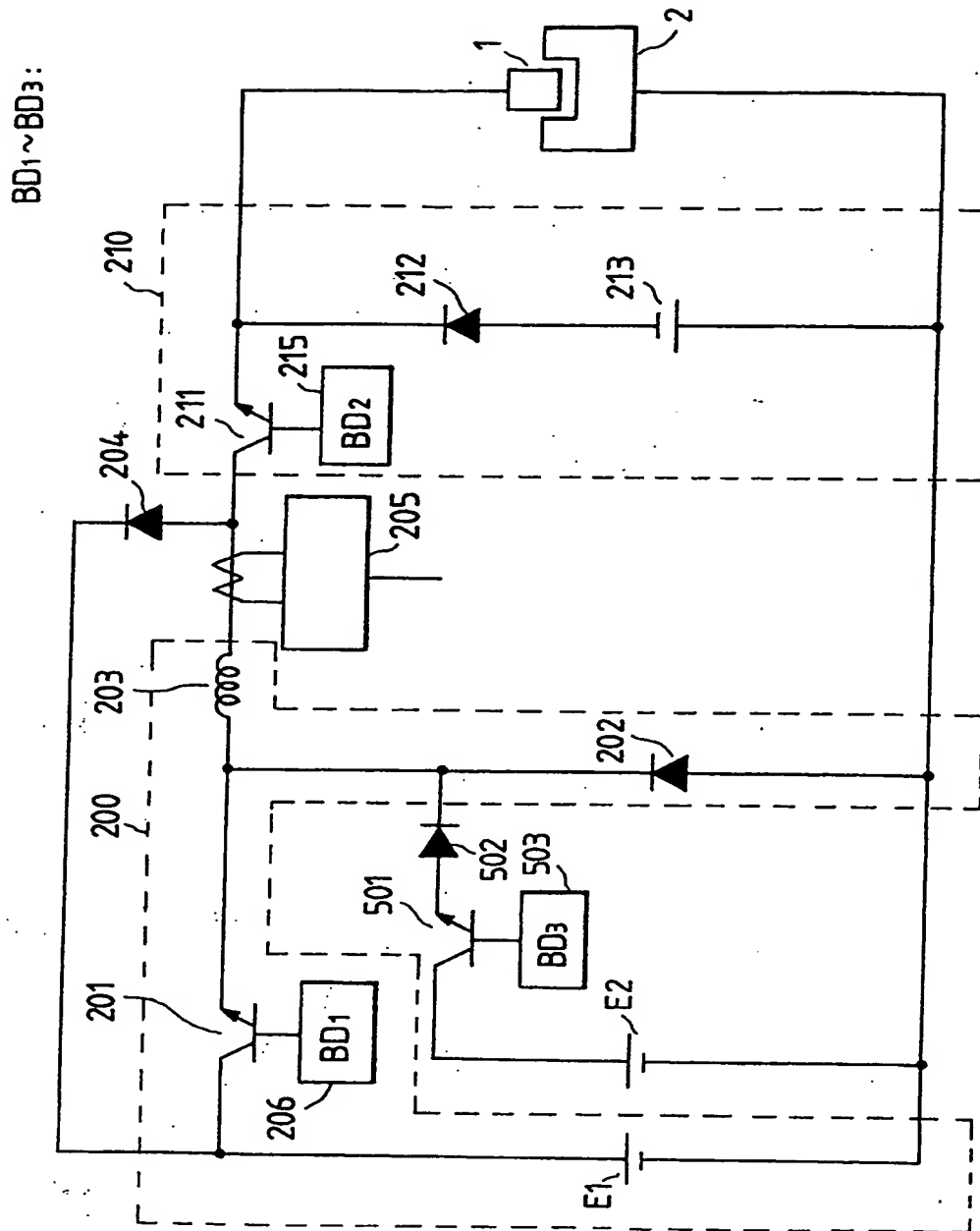


FIG. 34

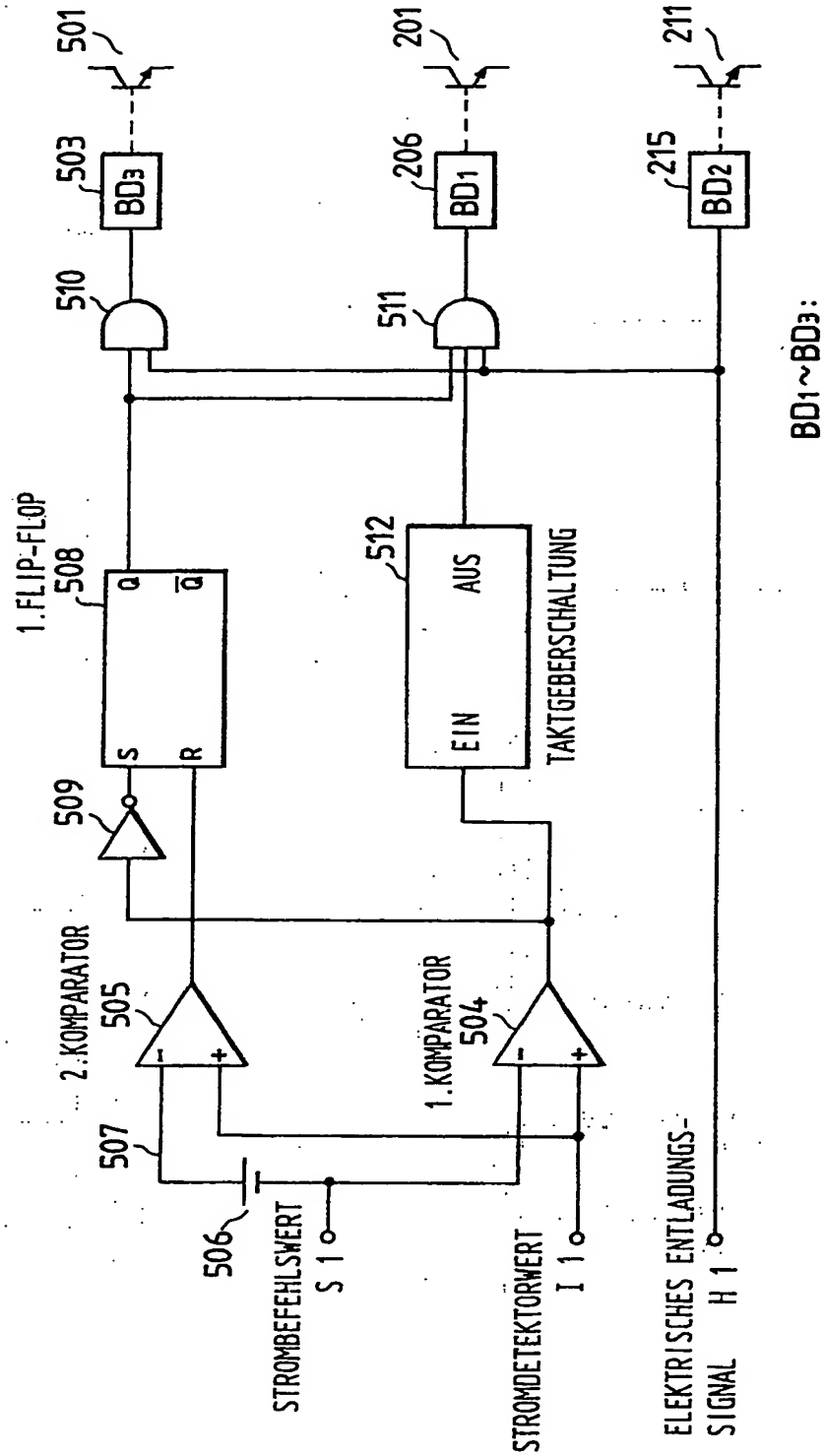


FIG. 35

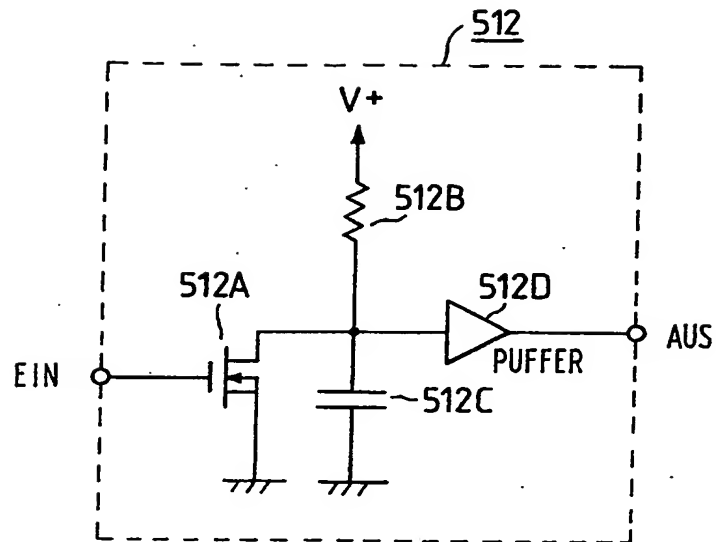


FIG. 36

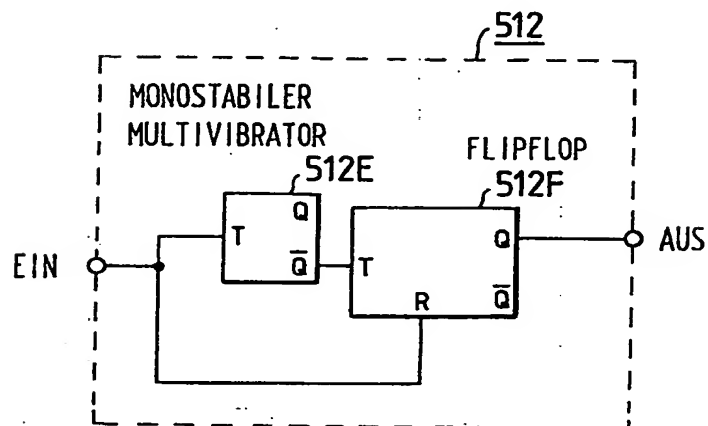


FIG. 37

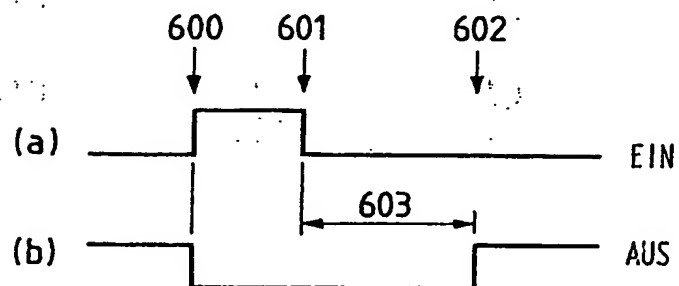


FIG. 38

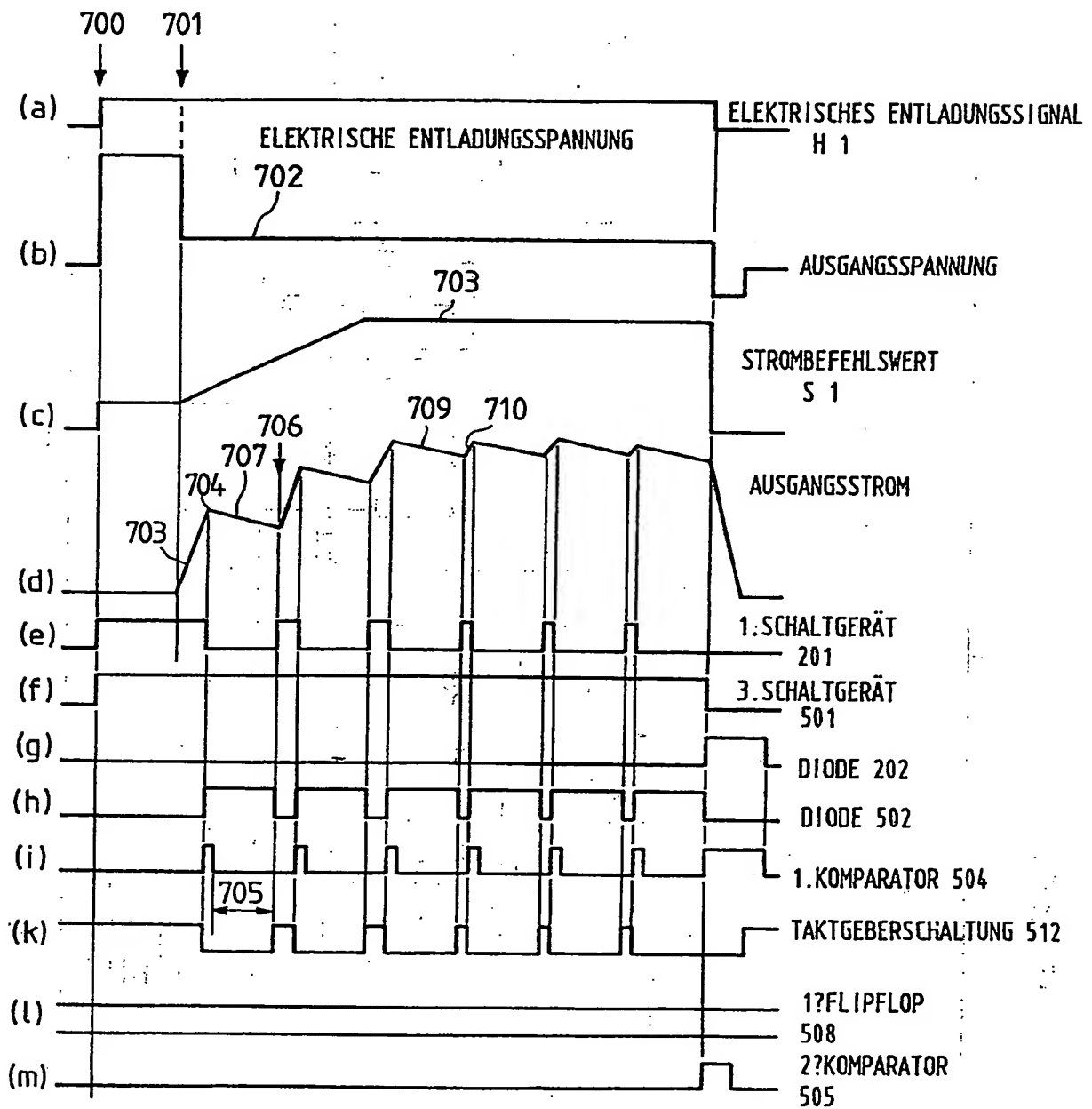


FIG. 39

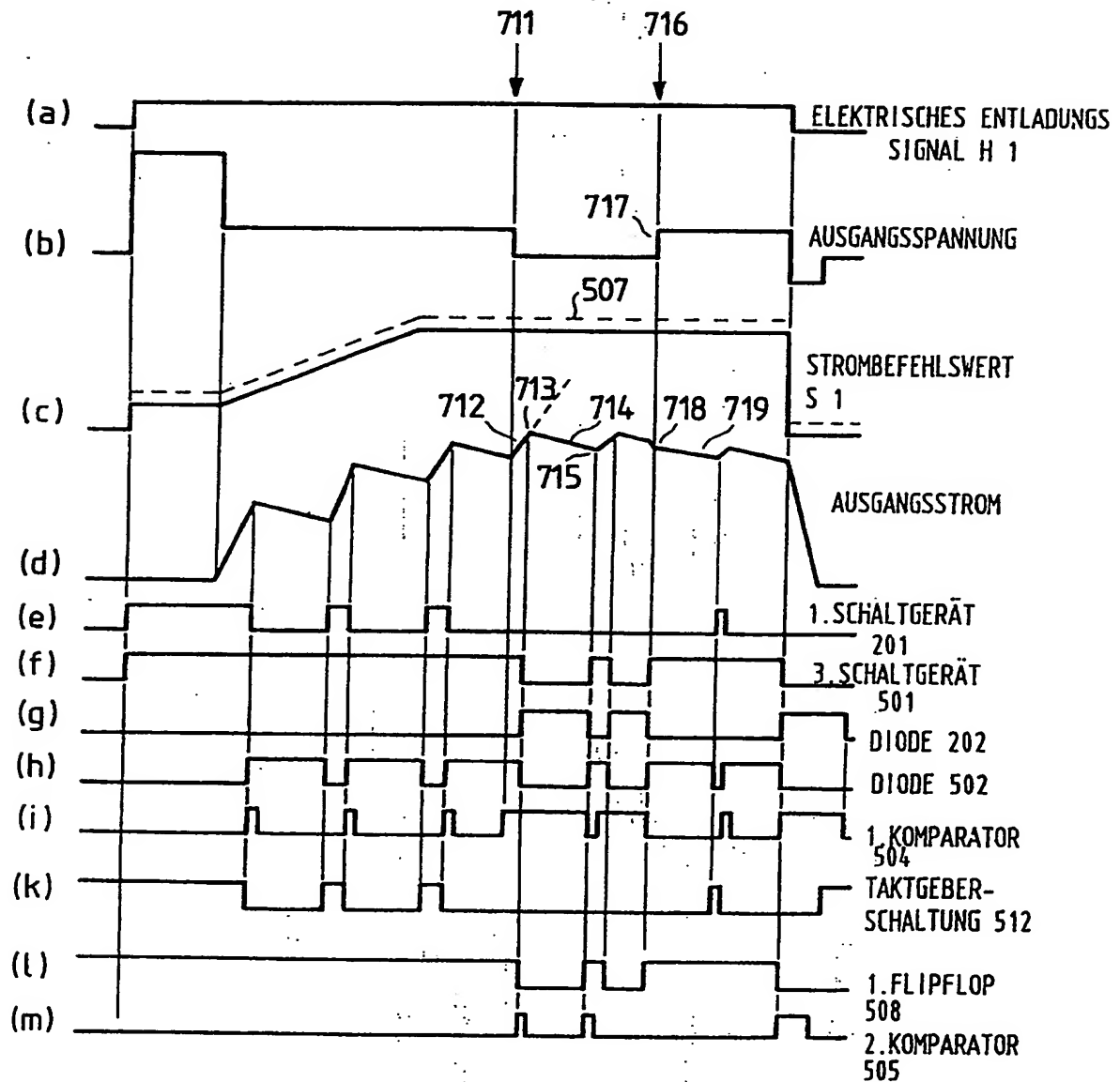


FIG. 40

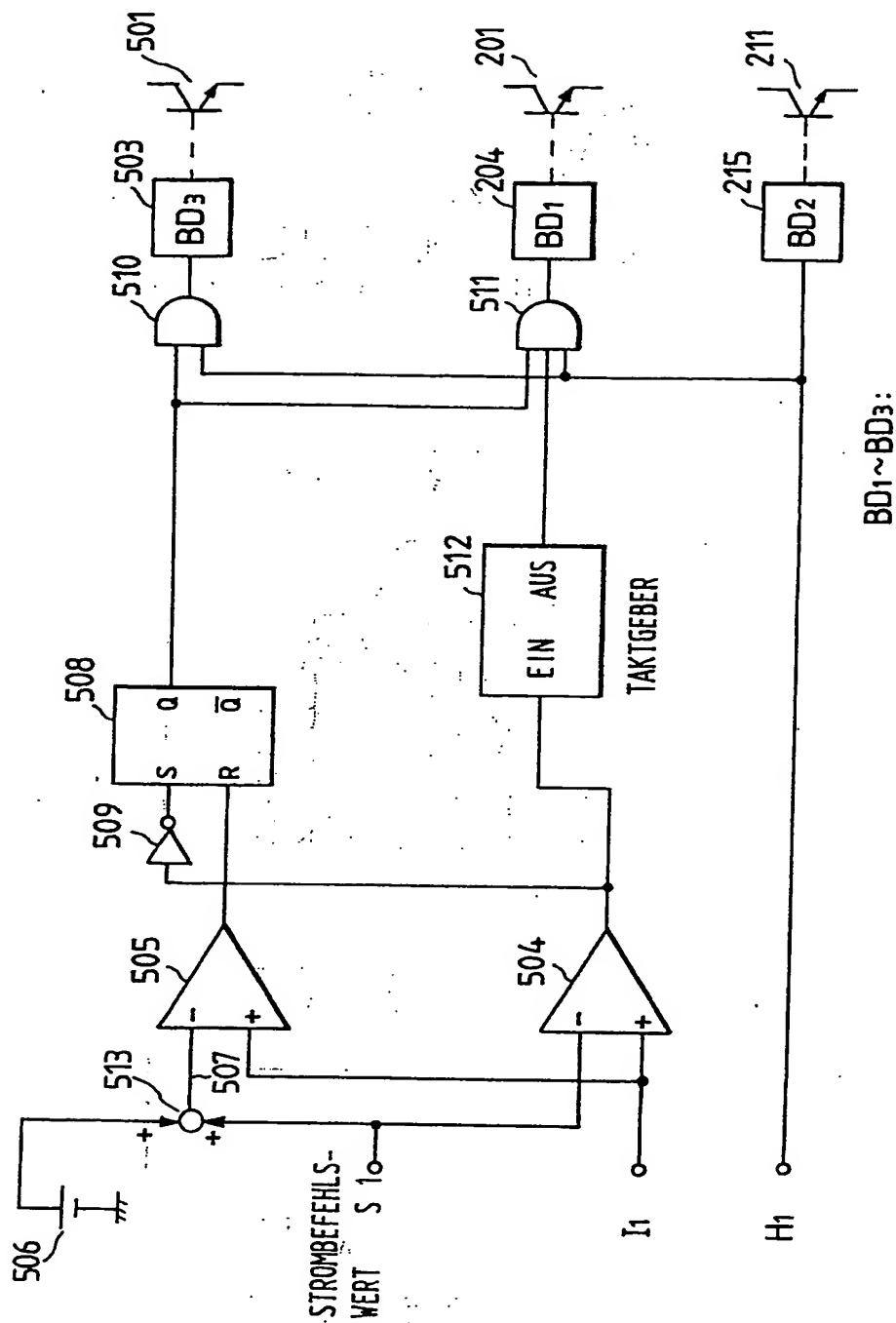


FIG. 41

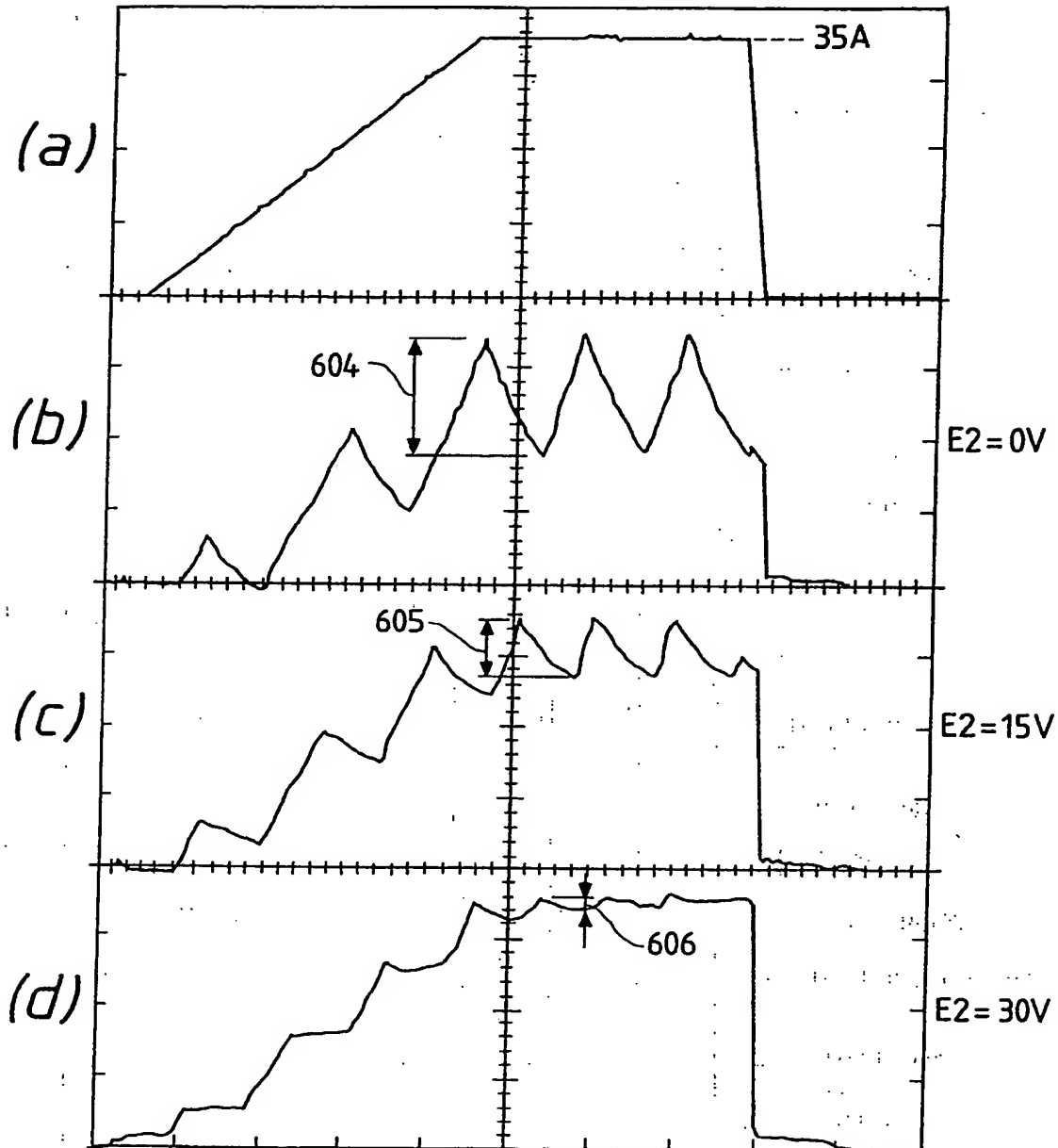


FIG. 42

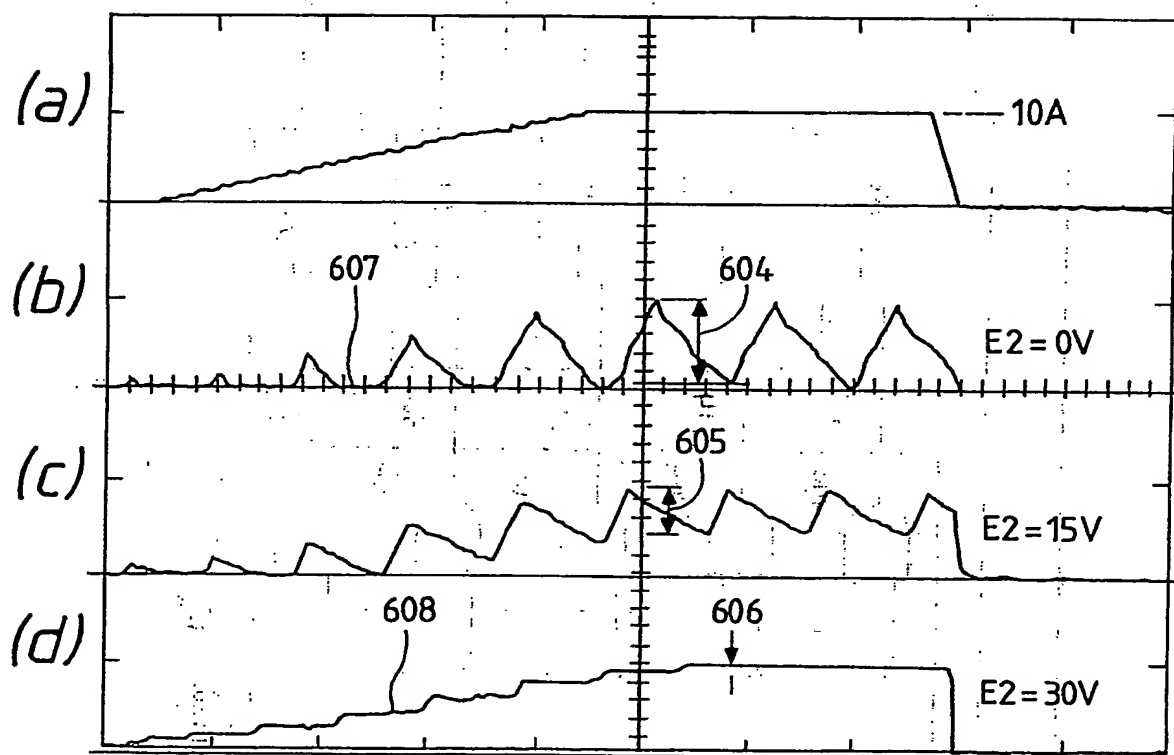
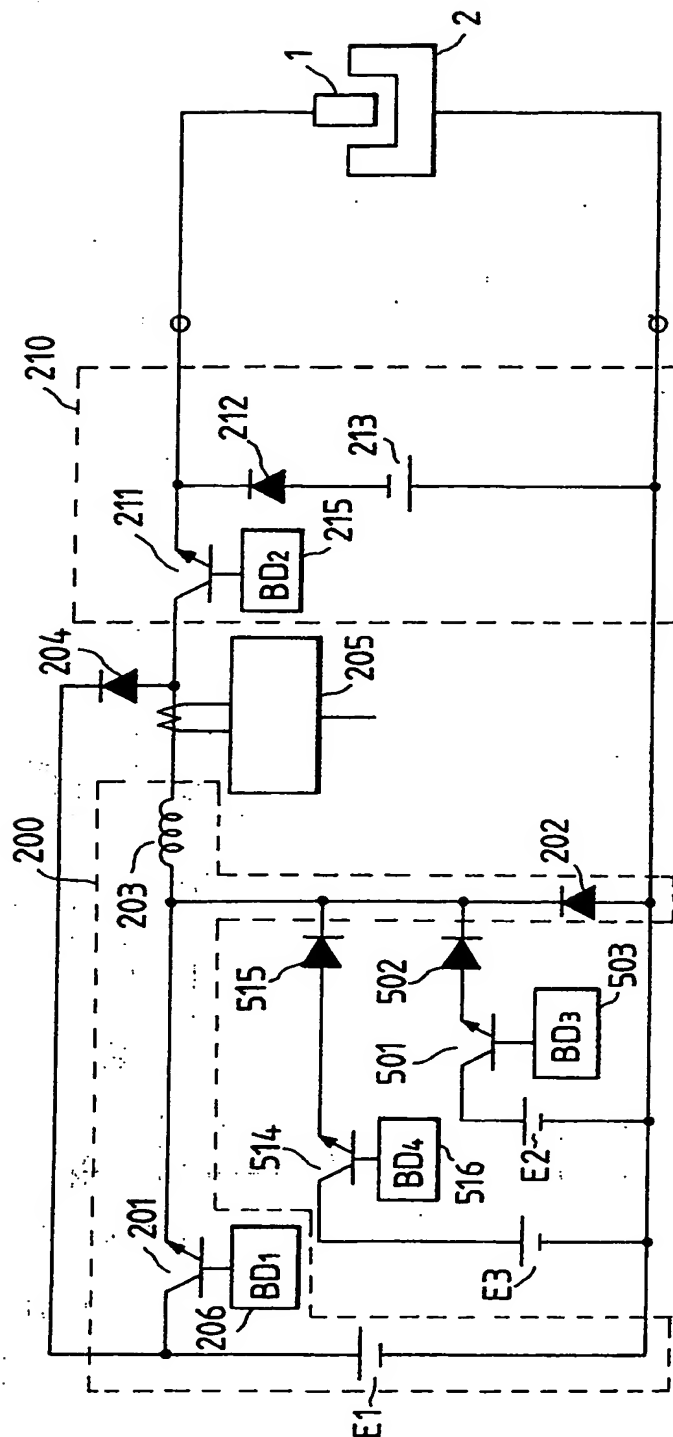
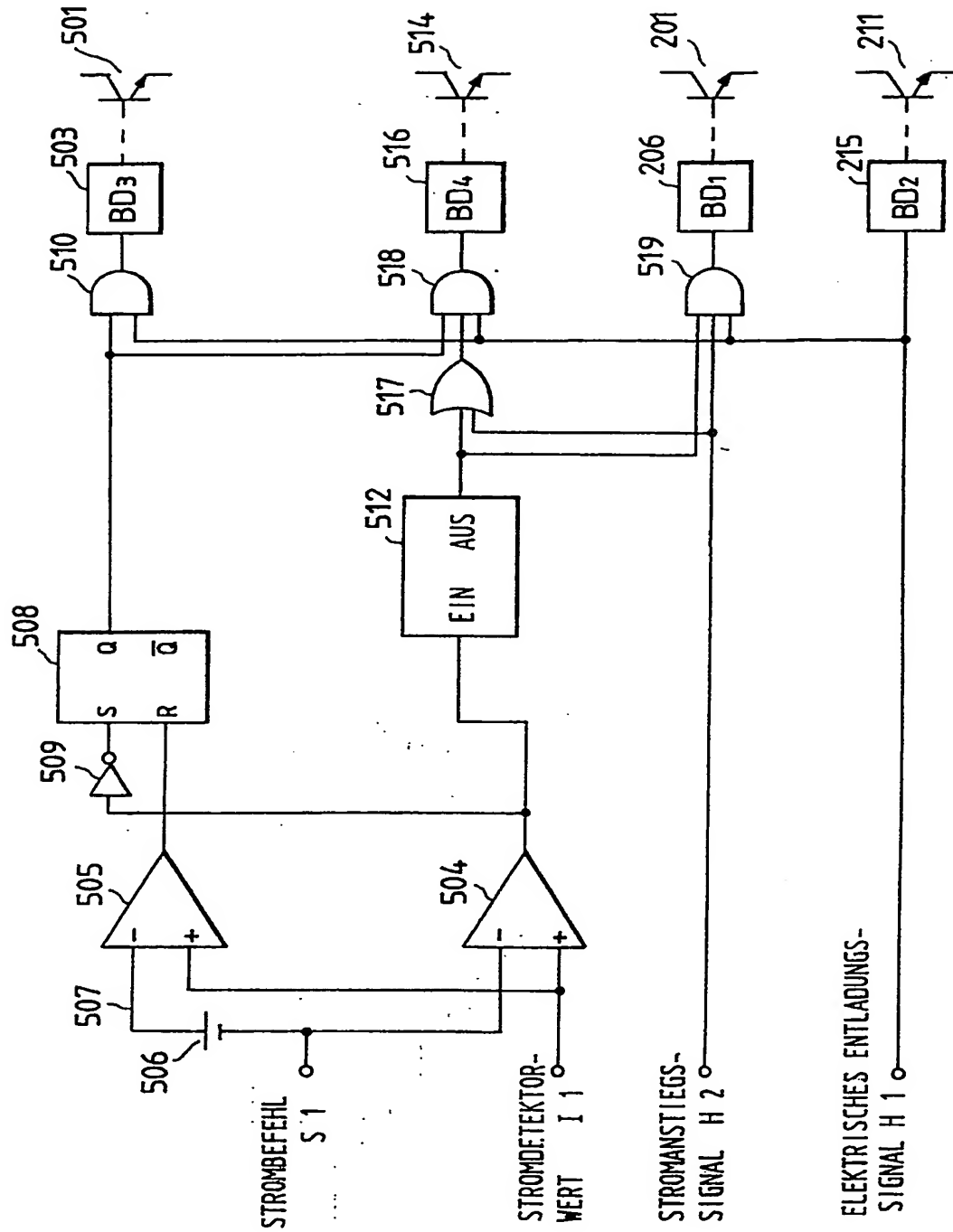


FIG. 43



BD1:
BD2:
BD3:
BD4:

FIG. 44



BD1:
BD2:
BD3:
BD4:

FIG. 45

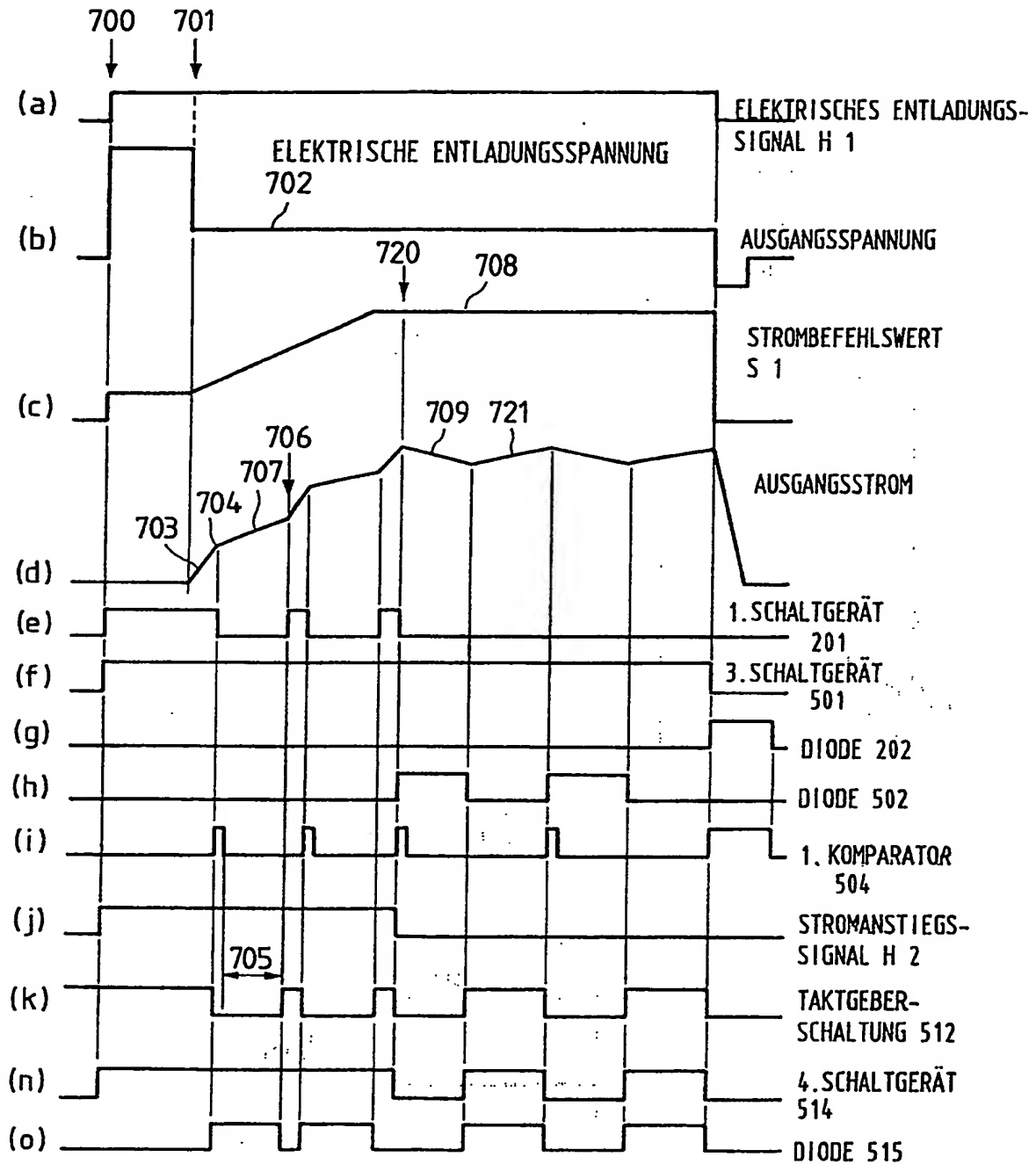


FIG. 46

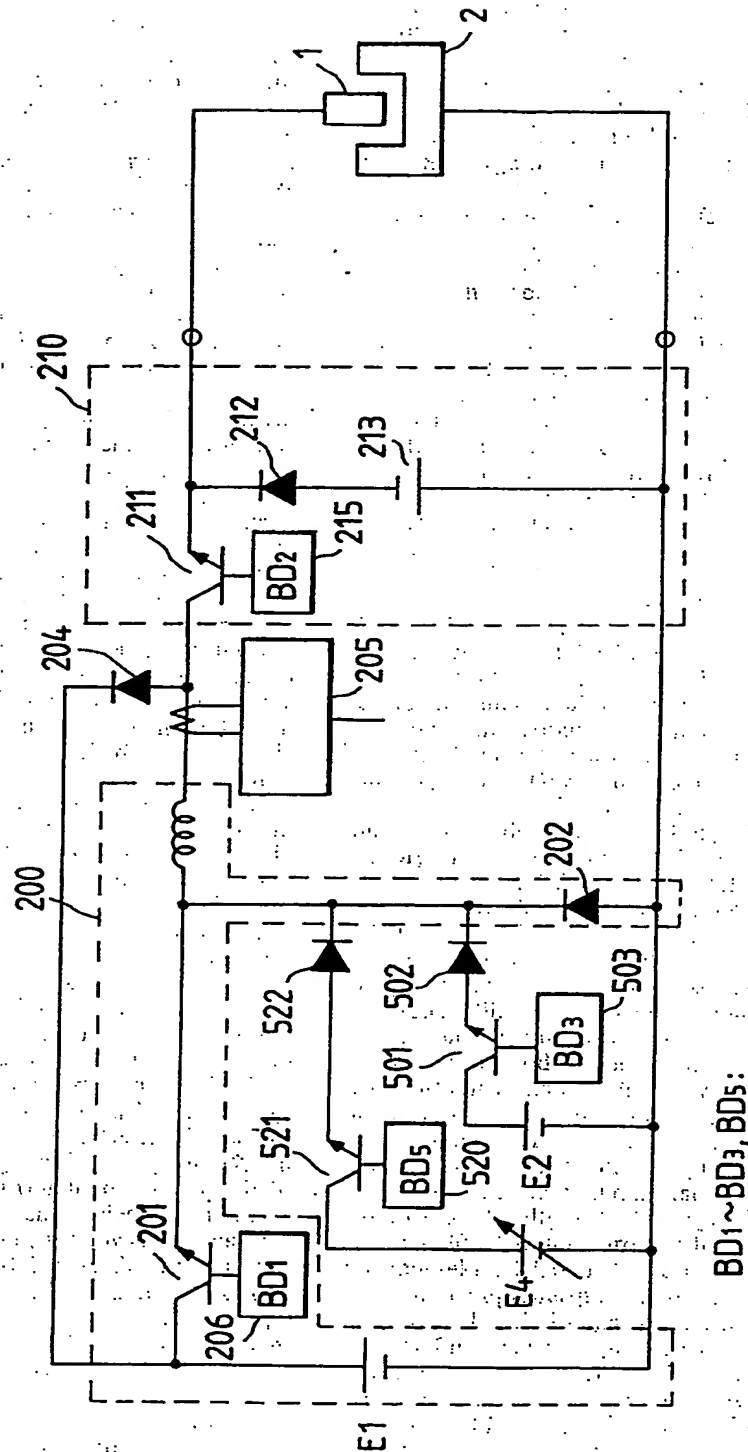


FIG. 47

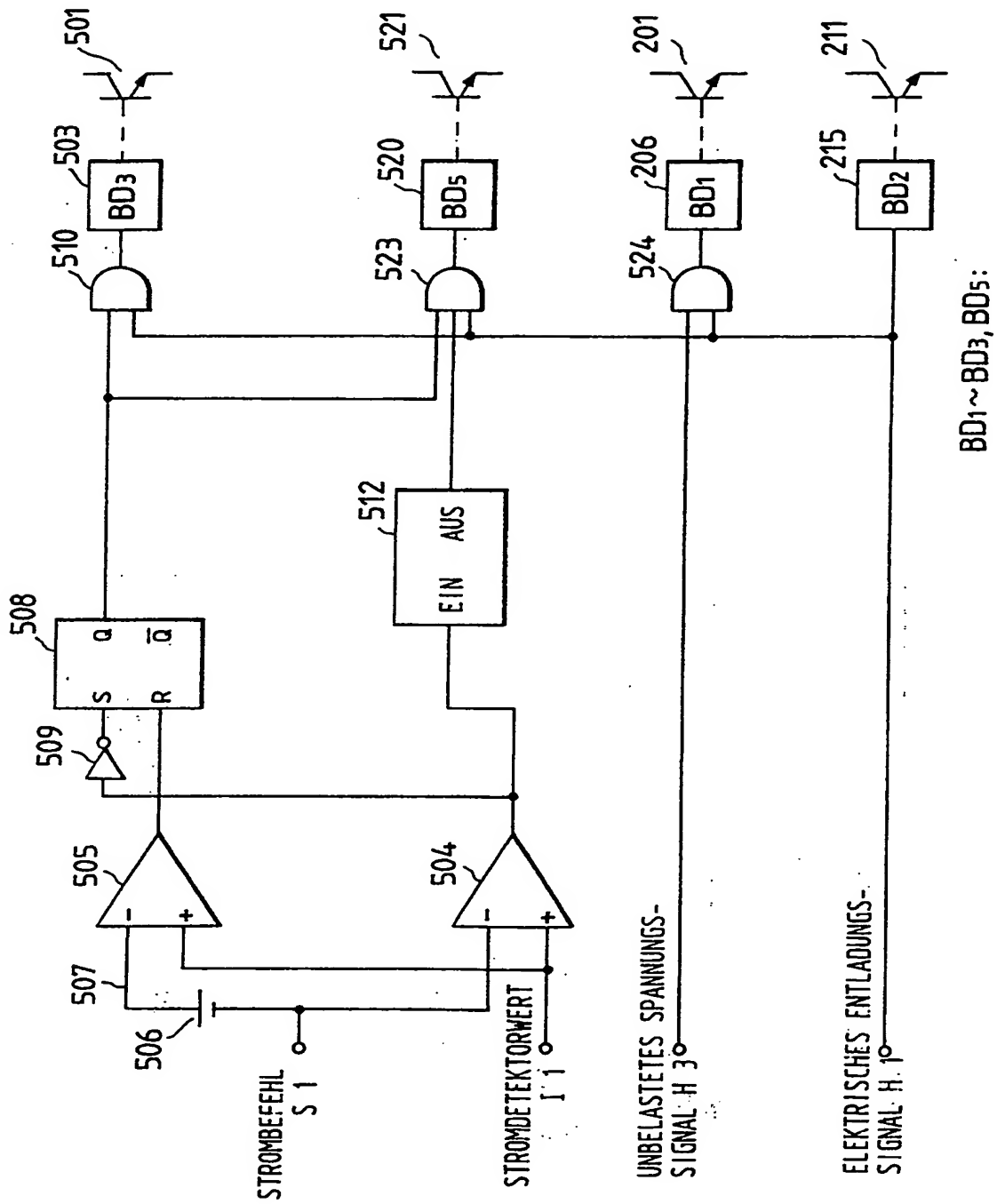


FIG. 48

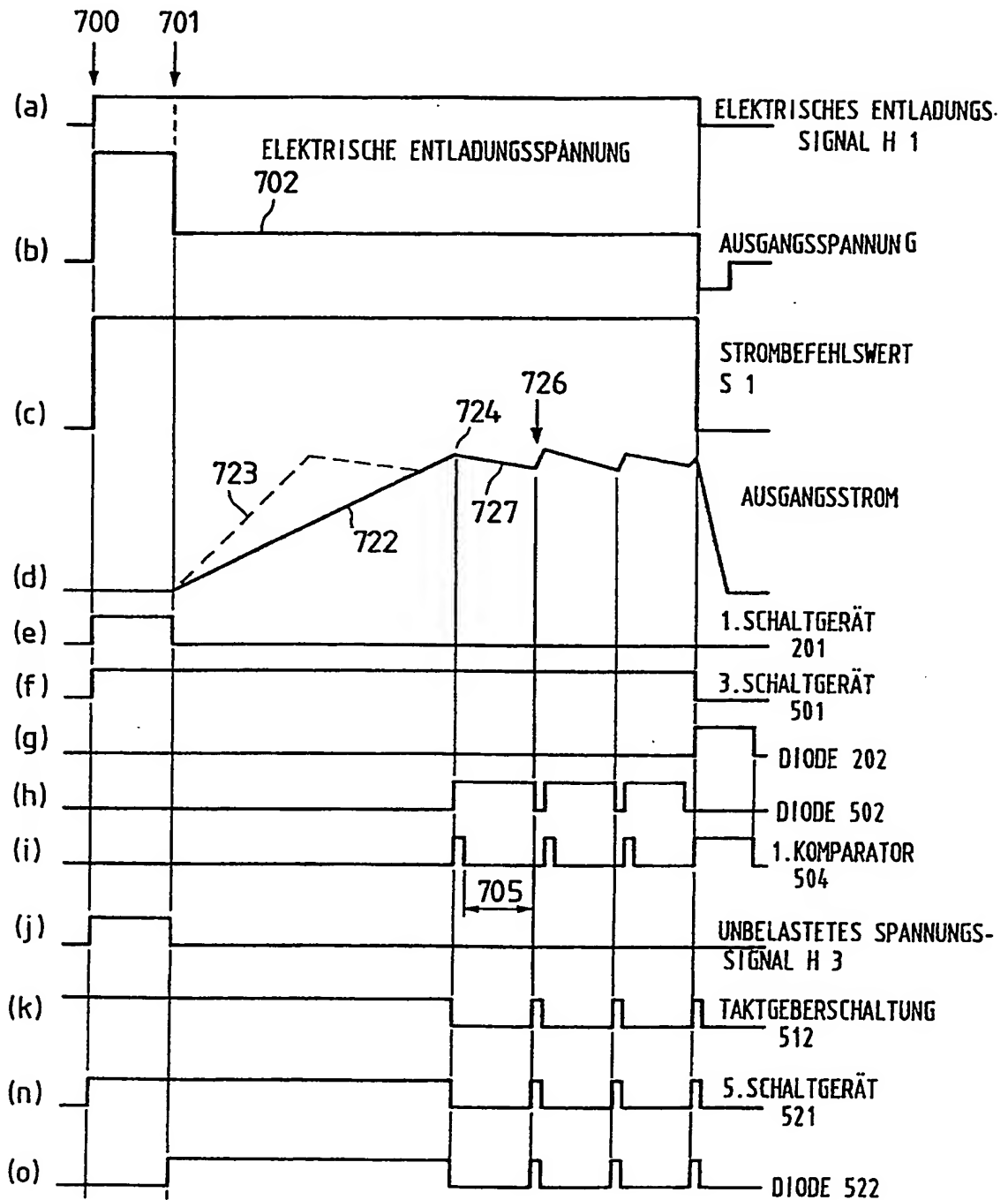


FIG. 49

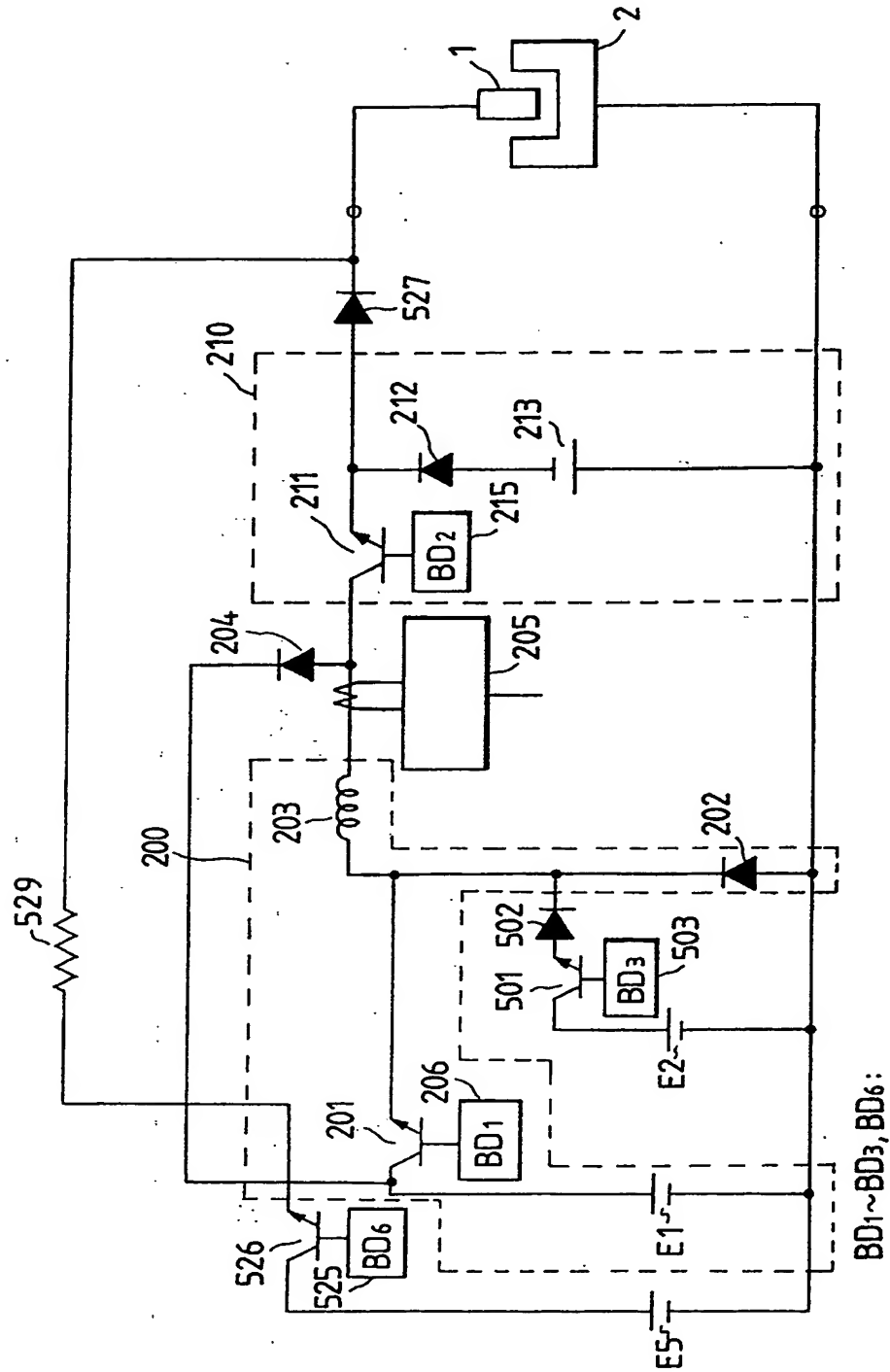


FIG. 50

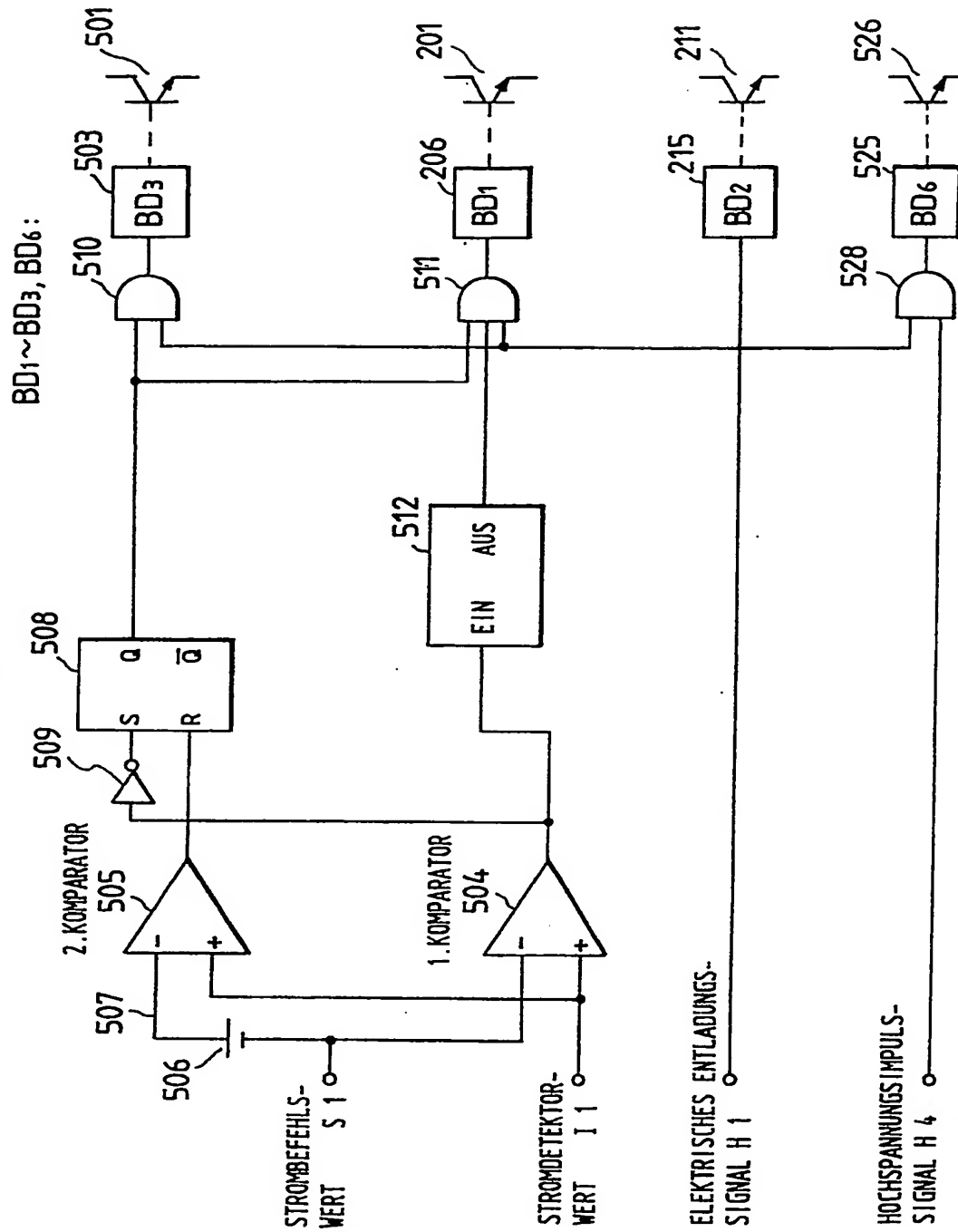


FIG. 51

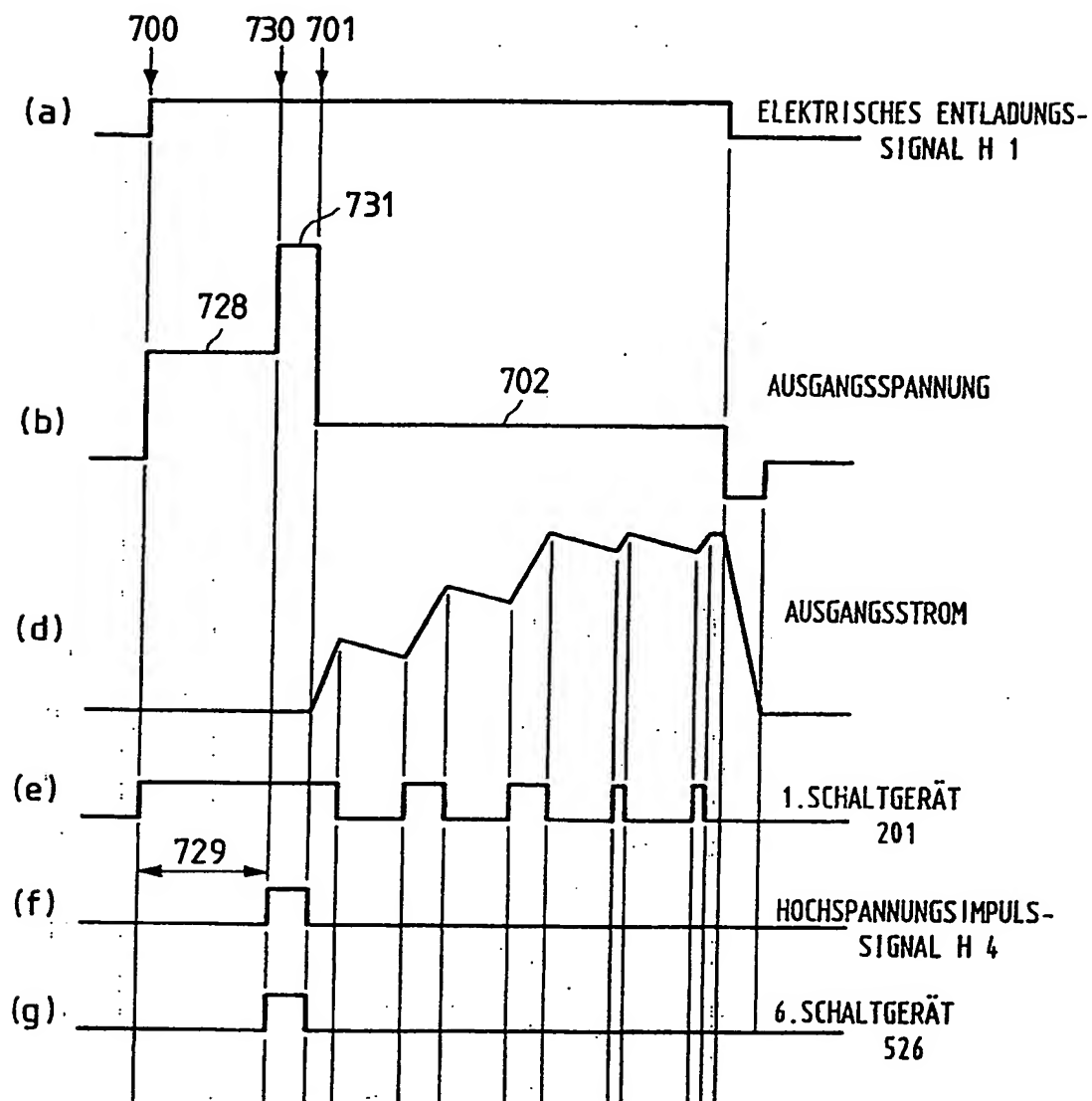


FIG. 52

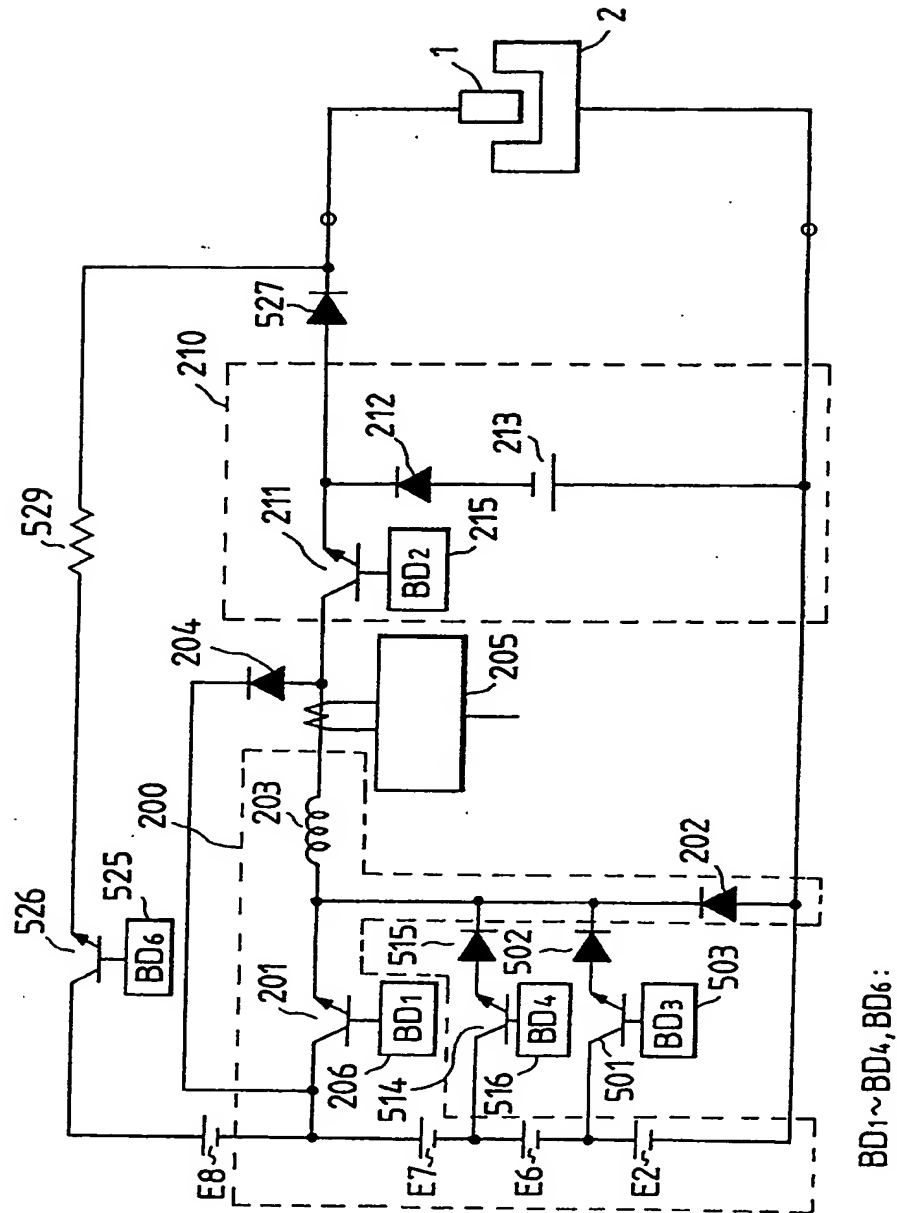
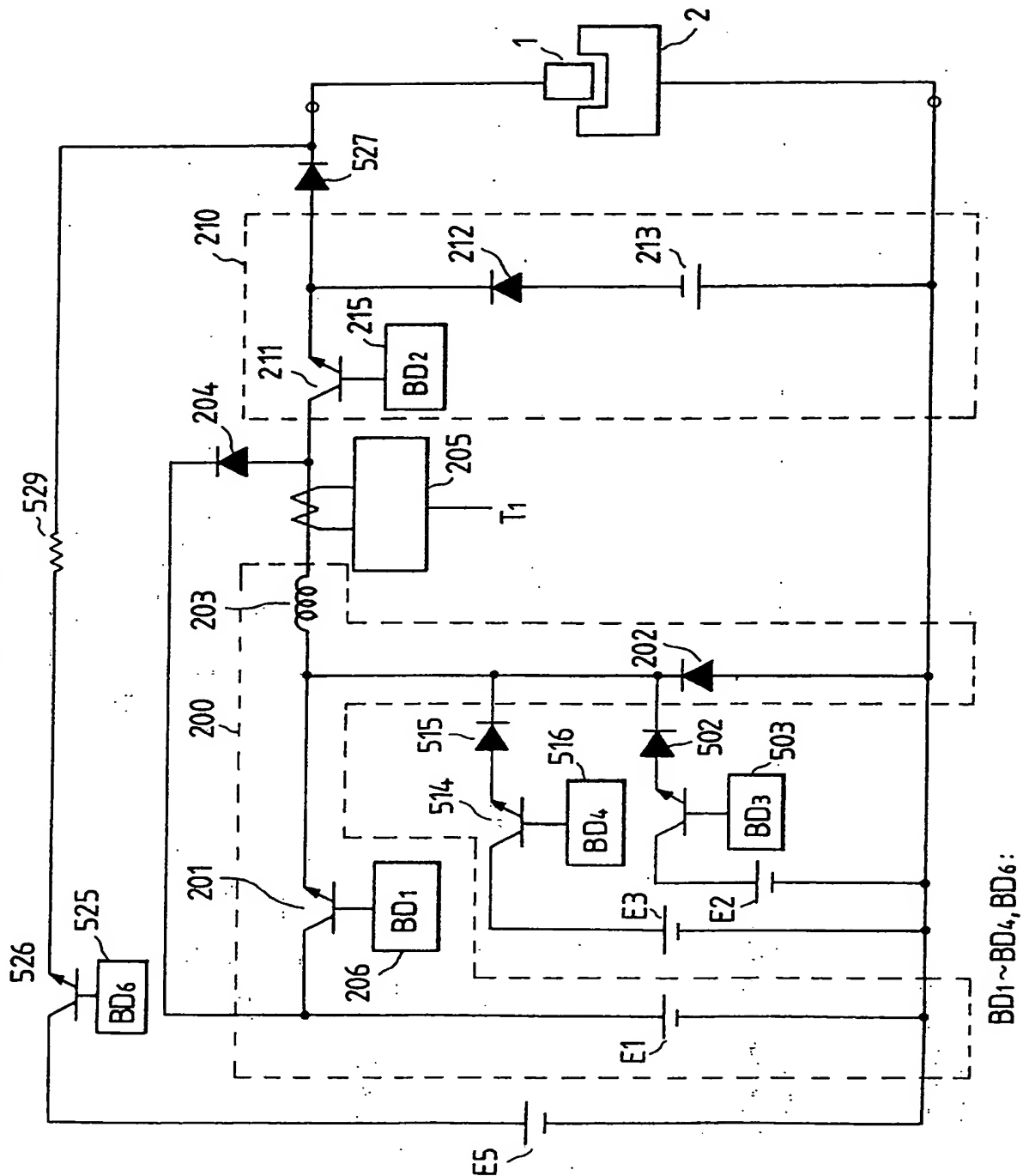


FIG. 53



BD1~BD4, BD6:

FIG. 54

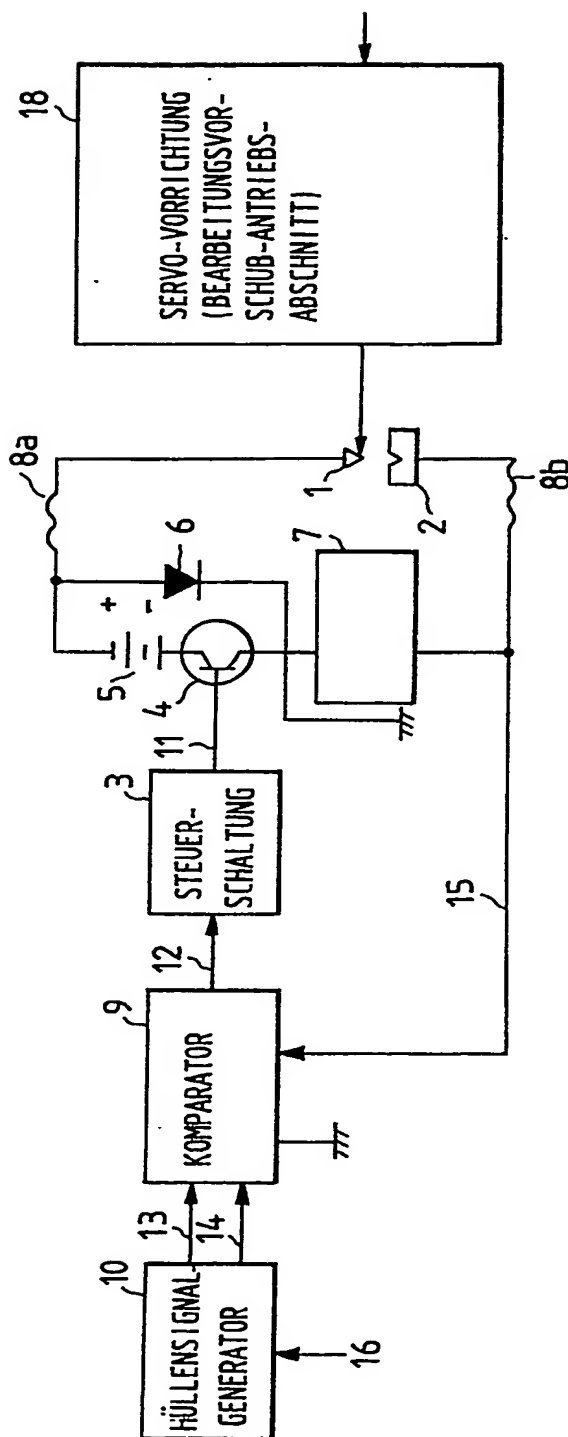


FIG. 55

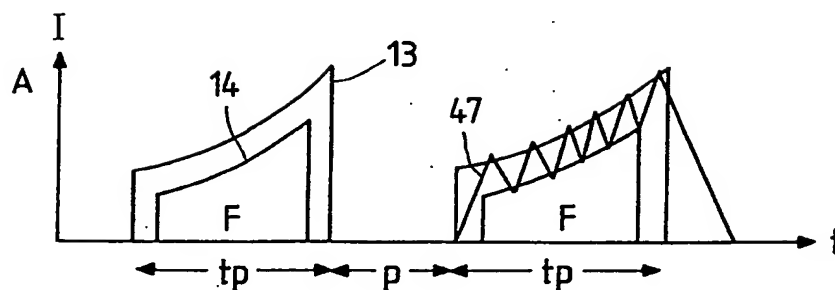


FIG. 56

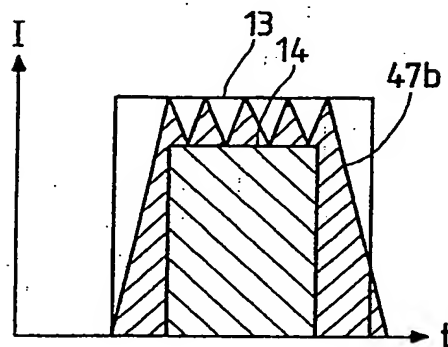


FIG. 57

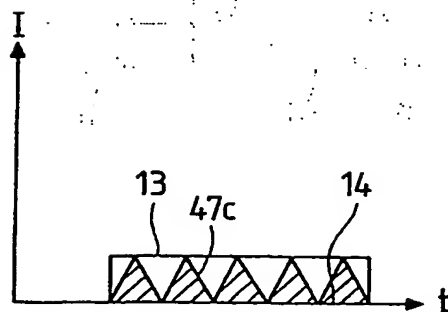


FIG. 58

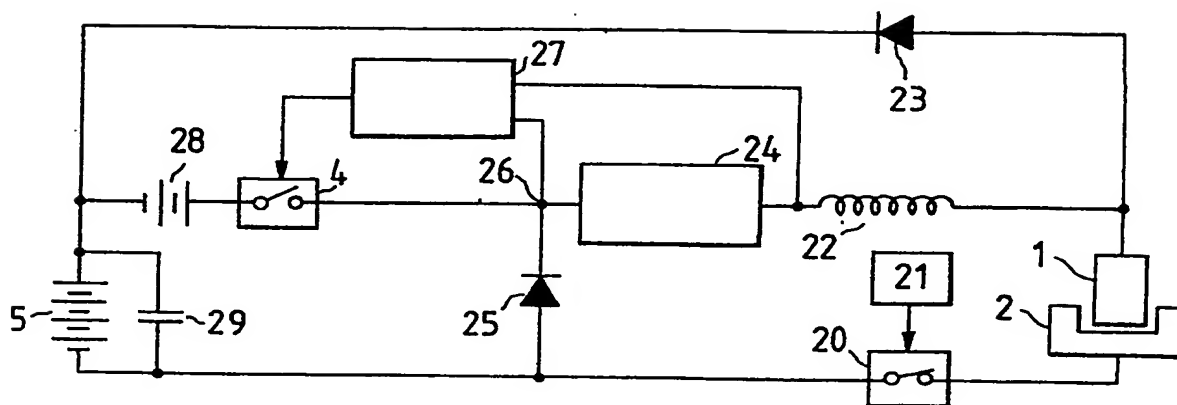


FIG. 59

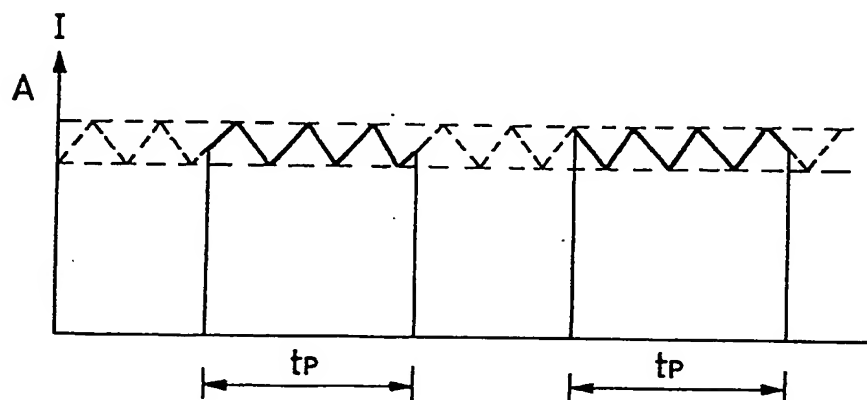


FIG. 60

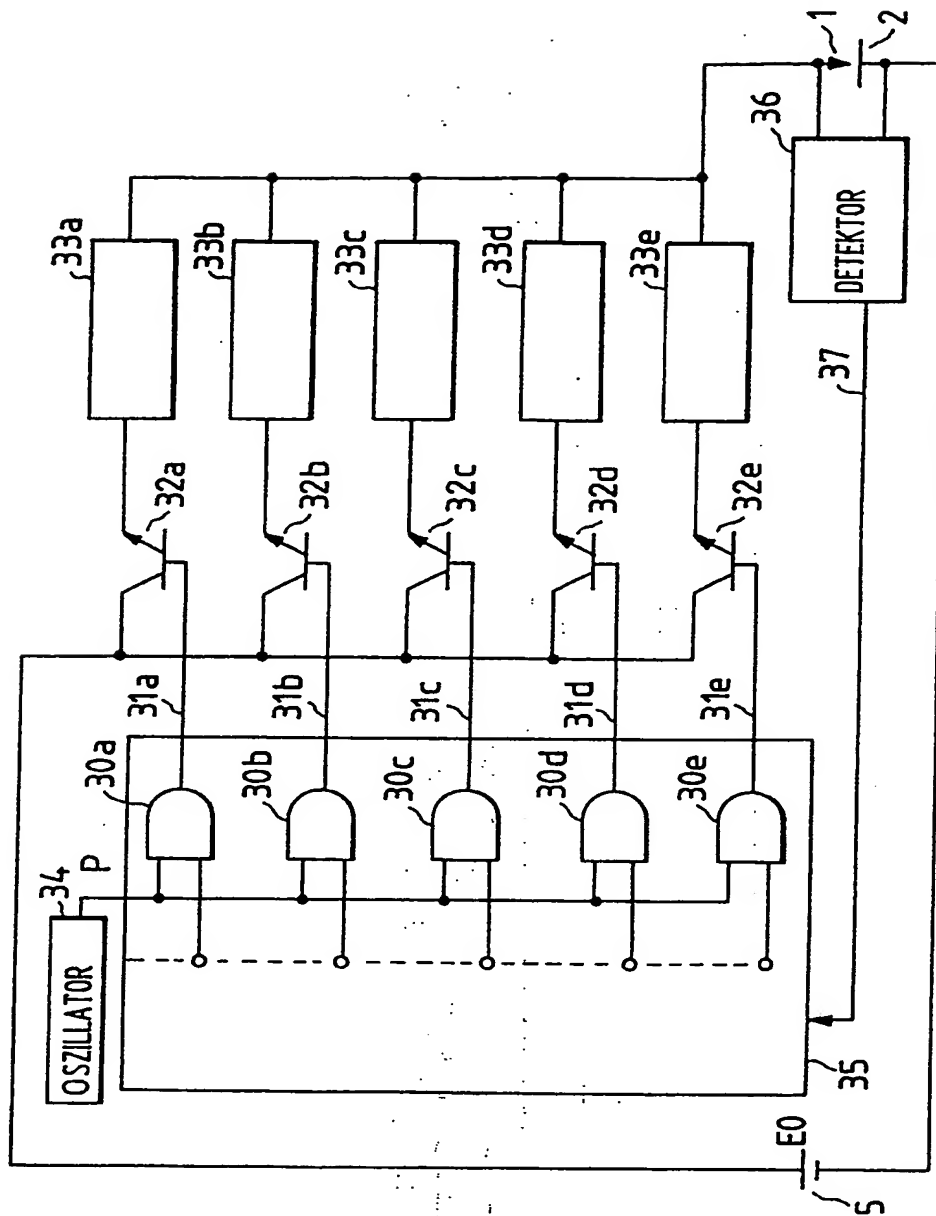


FIG. 61

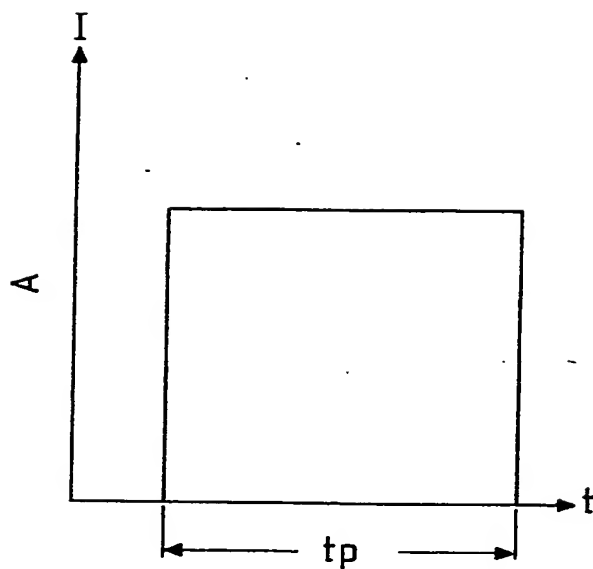


FIG. 62

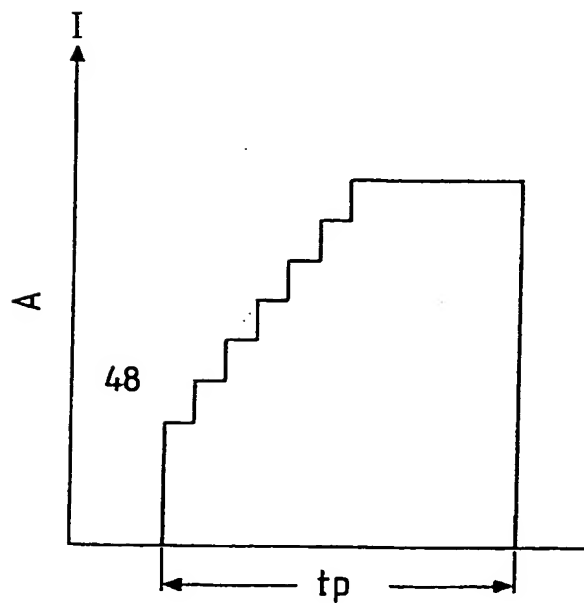


FIG. 63

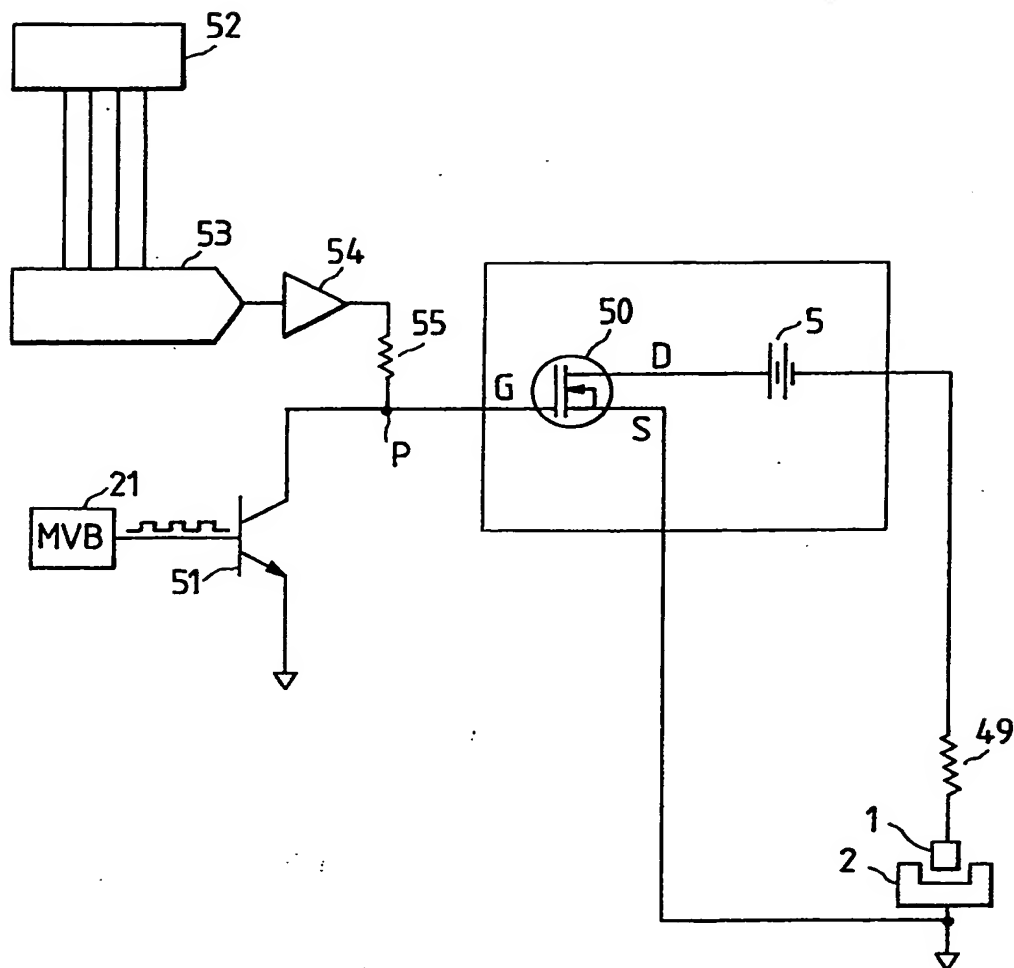
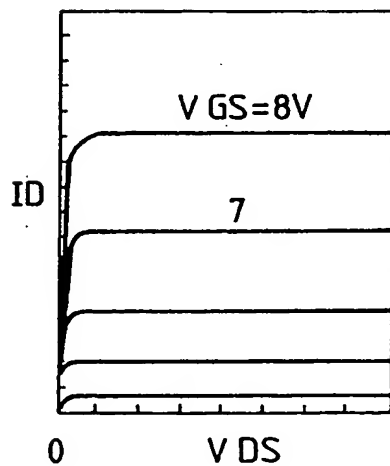


FIG. 64



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.